



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

(11) BR 112014002045-0 B1



(22) Data do Depósito: 06/07/2012

(45) Data de Concessão: 31/03/2020

(54) Título: COMPACTADOR PARA USO NA FABRICAÇÃO DE UMA ESTRUTURA COMPÓSITA ALONGADA CONTORNADA E MÉTODO DE UTILIZAR UM COMPACTADOR

(51) Int.Cl.: B29C 70/38.

(30) Prioridade Unionista: 08/08/2011 US 13/205,226.

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

(72) Inventor(es): SAMUEL R. STEWART; PAUL J. BALLOW.

(86) Pedido PCT: PCT US2012045674 de 06/07/2012

(87) Publicação PCT: WO 2013/022534 de 14/02/2013

(85) Data do Início da Fase Nacional: 28/01/2014

(57) Resumo: RESUMO Patente de Invenção: "MÉTODO E DISPOSITIVO PARA TRANSPORTAR, COLOCAR E COMPACTAR REFORÇADORES COMPÓSITOS". A presente invenção refere-se a um dispositivo para compactar uma bandeja compósita alongada contornada que inclui a primeira e a segunda seções flexíveis de resina reforçada com fibra, flexíveis ao longo de suas extensões. A primeira seção é flexível dentro de um primeiro plano e a segunda seção é flexível, dentro do primeiro plano bem como de um segundo plano.

Relatório Descritivo da Patente de Invenção para "**COMPACTADOR PARA USO NA FABRICAÇÃO DE UMA ESTRUTURA COMPÓSITA ALONGADA CONTORNADA E MÉTODO DE UTILIZAR UM COMPACTADOR**".

INFORMAÇÃO DA TÉCNICA ANTERIOR

Campo Técnico

[001] A presente invenção geralmente refere-se às estruturas compósitas de fabricação e trata-se mais particularmente de um método e dispositivo para transportar, colocar e compactar os reforçadores compósitos contornados.

Antecedente

[002] Durante a fabricação de reforçadores compósitos contornados tais como longarinas, um compactador pode ser utilizado para compactar uma bandeja de longarina contra as superfícies da ferramenta. Em alguns casos, as superfícies da ferramenta podem ser contornadas ao longo de um ou mais planos. Os compactadores têm sido desenvolvidos de tal modo que sejam flexíveis ao longo de um plano simples de curvatura, conseqüentemente em que a longarina seja contornada em mais que um plano, as superfícies da ferramenta tenham relativamente geometrias complexas que requerem o processo de compactação a ser realizado com a mão. Quando assentar com a mão as longarinas compósitas contornadas compostas, os sulcos podem formar-se nas camadas de laminado que se reúnem em vários pontos na bandeja e ou distorção de fibra indesejada pode ocorrer. Utilizando as técnicas de assentar manualmente, o local de vincos da camada e reunião de camadas é difícil para controlar, assim introduzindo variações na parte acabada, que pode afetar o desempenho da parte. Também, o fator humano envolvido em assentamento manual pode introduzir variações do processo que conduzem às inconsistências indesejadas nas partes acabadas.

[003] Consequentemente, há uma necessidade de um método e dispositivo para compactar reforçadores compósitos contornados tais como longarinas que podem consistente e previsivelmente distribuir vincos e reunião de camadas em uma maneira que melhore a qualidade da parte e/ou desempenho. Há também uma necessidade de um dispositivo de compactador que pode ser utilizado para transportar as longarinas para uma ferramenta de cura e que se conforma às curvaturas do composto da longarina durante a colocação e compactação da longarina.

SUMÁRIO

[004] As concretizações relatadas provêm um método e dispositivo para transportar, colocar e compactar os reforçadores compósitos, tais como longarina, que são contornadas em mais que um plano. O compactador coloca e compacta as bandejas de longarina em uma ferramenta de cura em uma maneira que regula e padroniza a distribuição de vincos na camada e/ou reunião de camadas. O dispositivo de compactação relatado é flexível em multiplanos e conforma-se aos contornos da longarina apesar das ondulações na geometria da longarina. O vinco/reunião de camada previsível permite mudanças de engenharia a serem feitas no desenho da longarina que compensam vinco/reunião de camada, melhorando deste modo a qualidade e/ou desempenho da parte.

[005] De acordo com uma concretização relatada, um compactador é provido para uso na fabricação de uma estrutura compósita alongada contornada. O compactador compreende pelo menos uma primeira seção flexível ao longo de sua extensão dentro de um primeiro plano e pelo menos uma segunda seção acoplada com a primeira seção e flexível ao longo de sua extensão dentro do primeiro plano e dentro de um segundo plano. O primeiro e o segundo planos são geralmente ortogonais entre si. Cada uma das primeira e segunda se-

ções inclui uma porção de tampa geralmente planar e uma porção de cobertura adaptada para ser recebida dentro de uma cavidade na estrutura compósita. A porção de tampa inclui uma pluralidade de tiras de reforço estendendo-se transversalmente através da largura da porção de tampa e espaçada ao longo da extensão. A porção de tampa também inclui uma pluralidade de juntas de borracha flexíveis ao longo de sua extensão que permite a segunda secção a flexionar dentro do segundo plano. A porção de cobertura inclui uma pluralidade de fendas que se estendem transversalmente ai de modo substancialmente alinhado com as juntas de borrachas flexíveis.

[006] De acordo com uma outra concretização, um dispositivo é provido para transportar e compactar uma bandeja de reforçador de cobertura compósita controlada tendo uma cavidade aí. O dispositivo compreende uma porção de cobertura adaptada para ser colocada dentro da cavidade e uma porção de tampa geralmente planar acoplada com a porção de cobertura e flexível dentro de um primeiro plano geralmente paralelo à porção de tampa. A porção de cobertura e a porção de tampa são cada qual flexível em um segundo plano geralmente ortogonal ao primeiro plano. A porção de tampa inclui camadas laminadas de material flexível e tiras de reforço substancialmente rígido. O material flexível pode compreender uma borracha.

[007] De acordo com uma outra concretização, é provido um método de utilizar um compactador para fabricar um reforçador compósito. O método compreende formar uma bandeja de reforçador compósito e trazer o compactador em contato com a bandeja. A bandeja de reforçado é aderida no compactador e o compactador é utilizado para transportar e colocar a bandeja de reforçador em uma superfície. A bandeja de reforçador é compactada contra a superfície pelo compactador. A adesão da bandeja de reforçador no compactador inclui uma geração de vácuo dentro do compactador, e o utilizo do vácuo para

sucção da bandeja de reforçador contra o compactador. A sucção da bandeja de reforçador contra o compactador inclui geração de uma força de sucção pelo estiramento do ar através dos lados do compactador em contato com a bandeja. O utilizando o compactador para colocar a bandeja de reforçador inclui a conformação do compactador na geometria da superfície por permitir o compactador a flexionar dentro de dois planos geralmente ortogonais.

[008] De acordo ainda com outra concretização, um método é provido de tornar flexível um compactador nos planos ortogonais para compactar uma bandeja de reforçador compósito contornado. O método compreende assentar pelo menos uma primeira porção do compactador pela colocação de uma pluralidade de tiras de reforço compósitas geralmente paralelas, em relação espaçada entre si e formando juntas flexíveis entre as tiras de reforço pela laminação de uma camada de borracha flexível com as tiras de reforço. A laminação inclui cocura da camada de borracha e das tiras de reforço. O assentamento da primeira porção do compactador inclui a provisão pelo menos de uma camada plana de fibra de resina reforçada, entalhando as bordas opostas da camada plana para formar as tiras de flange na camada plana e assentando as tiras de reforço sobre as tiras de flange.

[009] Em resumo, de acordo com um aspecto da invenção, é provido um compactador para uso na fabricação de uma estrutura compósita alongada contornada, incluindo pelo menos uma primeira seção flexível ao longo de sua extensão dentro de um primeiro plano; e pelo menos uma segunda seção acoplada à primeira seção flexível ao longo de sua extensão dentro de um primeiro plano e dentro de um segundo plano.

[0010] Vantajosamente, o compactador em que o primeiro e o segundo planos são geralmente ortogonais entre si.

[0011] Vantajosamente, o compactador em que a segunda seção

do compactador inclui uma primeira porção geralmente planar e uma porção adaptada para ser recebida dentro de uma cavidade na estrutura compósita.

[0012] Vantajosamente, o compactador em que a primeira porção inclui uma pluralidade de tiras de reforço que se estendem transversalmente através da largura da primeira porção e espaçadas ao longo da extensão da primeira porção, rasgos entre as tiras de reforço e um material flexível nos rasgos.

[0013] Vantajosamente, o compactador em que a segunda porção inclui uma pluralidade de fendas que se estendem transversalmente aí e as fendas são substancialmente alinhadas com os rasgos na primeira porção.

[0014] Vantajosamente, o compactador em que a segunda seção inclui uma pluralidade de juntas de borracha flexíveis ao longo de sua extensão que permitem a segunda seção a flexionar dentro do segundo plano.

[0015] Vantajosamente, o compactador em que a segunda seção inclui tiras alternantes de reforço e borracha ao longo de sua extensão.

[0016] Vantajosamente, o compactador ainda compreendendo uma junta de conexão entre a primeira e a segunda seções.

[0017] De acordo com um outro aspecto da invenção, é provido um dispositivo para transportar e compactar uma bandeja de reforçador de cobertura compósita contornada tendo cavidade, incluindo uma porção de cobertura adaptada para ser colocada dentro da cavidade; e uma porção de tampa geralmente planar acoplada com a porção de cobertura e flexível dentro de primeiro plano geralmente paralelo à porção de tampa.

[0018] Vantajosamente, o dispositivo em que a porção de cobertura e a porção de tampa são cada qual flexível em um segundo plano geralmente ortogonal ao primeiro plano.

[0019] Vantajosamente, o dispositivo em que a porção de tampa inclui camadas laminadas de material flexível e tiras de reforço substancialmente rígidas que se estendem transversalmente através da largura da porção de tampa.

[0020] Vantajosamente, o dispositivo em que o material flexível é uma borracha, as tiras de reforço são espaçadas entre si ao longo da extensão da porção de tampa para definir os rasgos transversos, e os rasgos são substancialmente preenchidos com a borracha.

[0021] Vantajosamente, o dispositivo em que as tiras de reforço incluem resina reforçada com fibra unidirecional e o material flexível inclui uma borracha sintética.

[0022] Vantajosamente, o dispositivo em que a porção de cobertura inclui uma pluralidade de fendas aí ao longo da sua extensão, em que as fendas estendem-se substancialmente perpendiculares ao plano da tampa e são substancialmente alinhadas com os rasgos entre as tiras de reforço.

[0023] Vantajosamente, o dispositivo em que a porção de cobertura inclui uma pluralidade de fendas ao longo de sua extensão que são adaptadas para serem acopladas com uma fonte de vácuo para sucção da bandeja contra a porção de cobertura.

[0024] De acordo com um outro aspecto da presente invenção, é provido um método de utilizar um compactador para fabricar um reforçador compósito, incluindo a formação de uma bandeja de reforçador compósito; trazer o compactador em contato com a bandeja de reforçador; aderir a bandeja de reforçador ao compactador; utilizando o compactador para transportar e colocar a bandeja de reforçador em uma superfície; e usar o compactador para compactar a bandeja de reforçador contra a superfície.

[0025] Vantajosamente, o método em que a adesão da bandeja de reforçador no compactador inclui a geração de um vácuo dentro do

compactador e o uso do vácuo para sugar a bandeja de reforçador contra o compactador.

[0026] Vantajosamente, o método em que a sucção da bandeja de reforçador contra o compactador inclui a geração de uma força de sucção pelo estiramento do através dos lados no compactador em contato com a bandeja de reforçador.

[0027] Vantajosamente, o método em que o utilizo do compactador para colocar a bandeja de reforçador inclui a conformação do compactador à geometria da superfície, o que permite o compactador a flexionar dentro dos dois planos geralmente ortogonais.

[0028] De acordo ainda com um outro aspecto da presente invenção, é provido um método de fabricar um compactador flexível nos planos ortogonais para compactar uma bandeja de reforçador compósito contornado incluindo assentamento pelo menos de uma primeira porção de compactador pela colocação de pluralidade de tiras de reforço compósitas geralmente paralelas em relação espaçada entre si; e de formar juntas flexíveis entre as tiras de reforço pela laminação de uma camada de borracha flexível com as tiras de reforço.

[0029] Vantajosamente, o método em que a laminação inclui a cura da camada de borracha e tiras de reforço.

[0030] Vantajosamente, o método em que o assentamento da primeira porção do compactador inclui a provisão pelo menos de uma camada plana de resina reforçada, entalhe das bordas opostas da camada plana para formar as tiras de flange na camada plana e assentamento das tiras de reforço sobre as tiras de flange.

[0031] Vantajosamente, o método ainda incluindo o assentamento de uma segunda porção do compactador pelo assentamento de uma pluralidade de camadas de resina reforçada com fibra sobre uma ferramenta tendo uma cavidade aí; e colocação de uma bexiga dentro da cavidade de ferramenta sobre as camadas de resina reforçada com

fibra assentada, em que o assentamento da primeira porção do compactador é realizado pela colocação das tiras de reforço sobre as camadas de resina reforçada com fibra assentadas na ferramenta.

[0032] De acordo com um outro aspecto da presente invenção, é provido um dispositivo para transportar, colocar e compactar uma longarina de cobertura compósita contornada composta incluindo uma porção de tampa geralmente planar, alongada, substancialmente contínua, a porção de tampa incluindo uma primeira seção flexível apenas dentro de um primeiro plano e incluindo uma pluralidade de camadas laminadas de resina reforçada com fibra, uma segunda seção flexível dentro do primeiro plano e flexível dentro de um segundo plano ortogonal ao primeiro plano, a segunda seção incluindo uma pluralidade de tiras empilhadas de resina reforçada com fibra unidirecional, as tiras empilhadas sendo espaçadas ao longo da extensão da porção de tampa para definir os rasgos entre as tiras empilhadas, a segunda seção ainda incluindo borracha flexível enchendo os rasgos e estendendo-se através de toda a largura da porção de tampa e uma junta de conexão entre a primeira e a segunda seções; uma porção em formato de cobertura unida à porção de tampa, a porção de cobertura tendo um interior geralmente aberto e uma pluralidade de fendas nesse ponto, sua extensão comunicante com o interior aberto e dividindo a porção de cobertura em segmentos, as fendas sendo, respectivamente, alinhadas com os rasgos na segunda seção da porção de tampa, a porção configurada de cobertura sendo adaptada para ser acoplada com uma fonte de vácuo para estirar um vácuo do interior aberto que produz uma força de sucção de vácuo através das fendas que estiram a longarina contra a porção configurada de cobertura.

[0033] De acordo com um outro aspecto da presente invenção, é provido um outro método de fabricar um compactador flexível para transportar, colocar e compactar uma longarina de cobertura compósi-

ta tendo contornos compostos ao longo de sua extensão, incluindo o assentamento pelo menos de uma primeira porção do compactador pela colocação de uma pluralidade de tiras de reforço compósitas geralmente em paralelo, na relação espaçada entre si, provendo pelo menos uma camada plana de resina reforçada com fibra, entalhando as bordas opostas da camada plana para formar tiras de flange na camada plana e assentando as tiras de reforço sobre as tiras de flange; formando juntas flexíveis entre as tiras de reforço pela laminação de uma camada de borracha flexível com as tiras de reforço, incluindo a co-cura da camada de borracha e as tiras de reforço; assentamento de uma segunda porção do compactador assentando uma pluralidade de camadas de resina reforçada com fibra sobre uma ferramenta tendo cavidade aí; colocação de uma bexiga dentro da cavidade de ferramenta sobre as camadas de resina reforçada com fibra assentada, em que o assentamento da primeira porção do compactador é realizado pela colocação das tiras de reforço sobre as camadas de resina reforçada com fibra assentadas na ferramenta; e fendas serrilhadas na segunda porção do compactador que são alinhadas com as juntas flexíveis na primeira porção do compactador.

BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

[0034] Os novos aspectos acreditados serem características vantajosas são descritos nas reivindicações apensas. As concretizações vantajosas, todavia, bem como um modo preferido de uso, outros objetivos e suas vantagens, serão mais bem entendidos com referência à seguinte descrição detalhada de uma concretização vantajosa da presente invenção, quando lidas em conjunção com os desenhos anexos, em que:

[0035] Figura 1 é uma ilustração de uma vista em perspectiva de um compactador de acordo com uma concretização relatada.

[0036] Figura 2 é uma ilustração de uma vista em perspectiva de

uma longarina provida em um revestimento da aeronave encurvada em dois planos.

[0037] Figura 3 é uma ilustração de uma vista lateral da longarina mostrada na Figura 2.

[0038] Figura 4 é uma ilustração de uma vista seccional tomada ao longo da linha 4-4 na Figura 3.

[0039] Figura 5 é uma ilustração de uma vista seccional tomada ao longo da linha 5-5 na Figura 3.

[0040] Figura 6 é uma ilustração de uma vista seccional transversal, detalhada, de uma bandeja de camada empregada para formar uma seção do compactador mostrado na Figura 1.

[0041] Figura 7 é uma ilustração similar à Figura 6, porém mostrando uma bandeja de camada empregada para formar uma outra seção de um compactador mostrada na Figura 1.

[0042] Figura 8 é uma ilustração de uma vista em planta de uma camada formando parte das bandejas mostradas nas Figuras 6 e 7.

[0043] Figura 9 é uma ilustração similar à Figura 8, porém mostrando as bordas opostas de uma porção da camada tendo sido entalhada.

[0044] As Figuras 10 a 17 são ilustrações de vistas em planta de uma ferramenta de assentar e sucessivas etapas de assentar camada usada para fabricar o compactador.

[0045] A Figura 18 é uma ilustração de uma vista seccional tomada ao longo da linha 18-18 na Figura 1.

[0046] Figura 19 é uma ilustração de um fluxograma de um método de fabricação do compactador.

[0047] Figura 20 é uma ilustração de uma vista seccional transversal de uma longarina de cobertura que é saco de vácuo formado sobre uma matriz macho.

[0048] Figura 21 é uma ilustração de uma vista seccional da longa-

rina de cobertura formada entre matrizes de estampagem macho e fêmea.

[0049] Figura 22 é uma ilustração similar à Figura 21, porém mostrando compactador tendo sido instalado na bandeja de longarina.

[0050] Figuras 23 a 26 são ilustrações de vistas seccionais mostrando sucessivas etapas de transporte, colocação e compactação da longarina de cobertura em uma ferramenta de cura utilizando o compactador.

[0051] Figura 27 é uma ilustração de um fluxograma de um método para fabricar uma longarina compósita.

[0052] Figura 28 é uma ilustração de um fluxograma de produção de aeronave e metodologia de serviço.

[0053] Figura 29 é uma ilustração de diagrama em bloco de uma aeronave.

DESCRIÇÃO DETALHADA DA INVENÇÃO

[0054] Com referência primeiro às figuras 1-5, um compactador 30 (Figura 1) pode ser utilizado para transporte, colocação e compactação de um reforçador de laminado compósito encurvado tal como, sem limitação, a longarina de cobertura contornada 50 mostrada nas figuras 2 a 5; O compactador 30 é geralmente semirrígido, com um grau de flexibilidade que permite o compactador 30 a flexionar e conformar às superfícies da ferramenta complexa (não mostrada na Figura 1) durante a colocação e compactação de uma bandeja de longarina na ferramenta. Durante o transporte e colocação da longarina 50, a mesma é retida no compactador 30 por uma força de sucção de vácuo 31. O compactador 30 é alongado e amplamente compreende uma primeira porção de cobertura segmentada 38 e segunda porção de tampa geralmente planar, contínua 36. A porção de cobertura 38 inclui paredes laterais inclinadas 38a e parede de fundo 38b.

[0055] A tampa 36 inclui flanges que se estendem lateralmente

36a. A porção de tampa 36 junto com a porção de cobertura 38 e um par de paredes da extremidade 45 formam um espaço interno encerrado 35 que se estende substancialmente por toda a extensão “L” do compactador 30. Uma ferragem de ligação pneumática 42 em uma ou ambas das paredes da extremidade 45 é adaptada para acoplar o espaço interno 35 do compactador 30 com uma fonte de vácuo apropriado (não mostrado) para estirar um vácuo dentro do compactador 30. Como será discutido abaixo, a porção de cobertura 38 inclui uma pluralidade de fendas geralmente paralelas 40 que permitem que o ar seja estirado através da porção de cobertura 38 para o espaço interno 35. As fendas 40 estendem-se substancialmente por toda a altura da porção de cobertura 38 e dividem em segmentos individuais 41 que permitem a porção de cobertura 38 do compactador 30 a flexionar durante a colocação e compactação da bandeja na ferramenta. As fendas 40 também permitem que o ar seja retirado para o espaço interno 35, criando uma força de sucção de vácuo 31 que retém a longarina 50 no compactador 30 durante o processo de transporte, colocação e compactação. Esta adesão de vácuo da longarina 50 no compactador 30 pode permitir uma distribuição mais simétrica do vinco e reunião da camada durante a compactação de longarina.

[0056] O compactador 30 inclui pelo menos uma primeira seção flexível singular 32 e pelo menos uma segunda seção flexível dupla 34. As seções 32, 34 são acopladas uma com a outra pelas juntas 48 que são apropriadas para aplicação, tal como, sem limitação, juntas de conexão, juntas de encaixe ou juntas por topo. Na concretização ilustrada, o compactador 30 inclui apenas uma seção 34 acoplada entre duas das seções 32 pelas duas juntas 48. Todavia, o compactador 30 pode ter mais que uma das seções 34 localizadas em qualquer área ao longo da extensão do compactador 30, incluindo-se também na extremidade do compactador 30. Em algumas concretizações, substan-

cialmente todo o compactador 30 pode compreender uma seção flexível dupla 34. O compactador 30 pode ter mais ou menos que duas seções flexíveis singulares 32. Como será discutido mais tarde em maiores detalhes, a seção 34 do compactador 30 inclui juntas flexíveis 23 que permitem seção 34 a flexionar em cada dois planos 44, 46 que são substancialmente ortogonais entre si. O plano 44 estende-se substancialmente paralelo a e através da tampa 36, enquanto o plano 46 estende-se substancialmente perpendicular à tampa 36. A junta flexível 23 pode também permitir o desvio torsional do compactador 30 ao longo de seu eixo longitudinal 47.

[0057] Ambas, a porção de tampa 36 e a porção de cobertura 38, podem ser formadas das camadas laminadas (não mostradas na figura FIG. 1) de resina reforçada com fibra tal como sem limitação, fibra epóxi de carbono. O número e a espessura das camadas utilizadas para formar a porção de tampa 36 em seção 32 são selecionados de tal modo que a porção de tampa 36 fica flexível dentro do plano 44 até o grau necessário para permitir o compactador 30 a conformar com as superfícies das ferramentas encurvadas (não mostradas) durante a colocação e a compactação do assentado de longarina na ferramenta. As fendas 41 na porção de cobertura 38 permitem a porção de cobertura 38 a flexionar junto com a porção de tampa 38 dentro do plano 44.

[0058] Como será descrito mais tarde, a área da porção de tampa 36 que fica dentro da seção flexível dupla 34 do compactador 30 é formada de uma combinação de materiais que são co-curados para formar uma pluralidade de juntas flexíveis 23. Estas juntas flexíveis 23 permitem a porção de tampa 36 a flexionar dentro de ambos os planos 44, 46, bem como a torcer em torno de seu eixo longitudinal 47. As fendas 40 na porção de cobertura 38 também permitem a área da porção de cobertura 38 dentro da seção 34 a flexionar dentro do plano 46. Como um resultado da capacidade do compactador 30 a flexionar den-

tro de dois planos 44, 46 e conformar à geometria de uma ferramenta contornada 158 (Figuras 24-26) outra superfície durante o processo de colocação e compactação de longarina, a localização e/ou o padrão da reunião da camada e/ou formação de vinco na camada (não mostrada) podem tornar-se mais consistentes, regulares e/ou previsíveis a partir da parte-a-parte, permitindo apropriadas mudanças de engenharia de compensação a serem feitas no desenho da longarina 50 que pode melhorar o desempenho da longarina 50.

[0059] Com referência, a seguir, às Figuras 2-5, a longarina de cobertura 50 tem geralmente uma secção transversal em formato de cobertura compreendendo um topo 56, paredes laterais inclinadas 55, um par de flanges que se estendem lateralmente 58. A longarina 50 pode ser provida na superfície interna 52a de um revestimento 52 tendo contornos compostos aos quais a longarina 50 pode ser requerida a conformar-se. Os flanges 58 da longarina 50 podem ser assegurados no revestimento 52 por quaisquer meios apropriados, tais como fixadores (não mostrados), adesivos ligantes ou pela co-cura da longarina compósita 50 com o revestimento 52 naquelas aplicações em que o revestimento 52 é um compósito. Como mostrado nas figuras 2 e 3, a longarina 50 tem uma primeira curvatura fora do plano 54 e como mostrado na Figura 5, tem uma segunda curvatura fora do plano 60 conformando-se aos contornos do composto da superfície do revestimento 52a.

[0060] Atenção, a seguir, é direcionada à Figura 6 que ilustra uma bandeja de camada típica 61 usada para formar seção 34 do compactador 30 mostrado na Figura 1. A bandeja 61 é formada camada-por-camada em uma ferramenta de assentar 65 tendo uma cavidade 66 para formar a porção de cobertura 38 da longarina 50 e superfícies de flange 65a para formar a porção de tampa 36. Duas camadas de largura total 64 de resina reforçada com fibra são assentadas sobre a por-

ção de cavidade 66 e cobrindo as superfícies de flange 65a. Três camadas adicionais 68 de resina reforçada com fibra são assentadas dentro da porção de cavidade 66. Em uma concretização, as camadas 64 podem ser camadas enviesadas, enquanto as camadas 68 podem compreender uma combinação de camadas enviesadas e camadas onduladas planas. O número de camadas e suas orientações da fibra podem variar, dependendo da aplicação.

[0061] Uma sexta camada 70 compreende uma pluralidade de tiras de reforço 70a de resina reforçada com fibra unidirecional que são espaçadas ao longo da extensão da ferramenta 65 e cada qual tem orientações de fibra estendendo-se transversalmente através da porção de cavidade 6. A sexta camada 70 pode compreender uma ou mais tiras de reforço empilhadas 70a da fita de material de moldagem unidirecional. Uma sétima camada 72 compreende uma camada de borracha sintética não curada flexível, tal como, sem limitação, fluoroelastômero Viton®, que tem uma largura ligeiramente menor que das tiras na sexta camada 70. A sétima camada 72 pode compreender outros materiais que permanecem flexíveis seguindo a cura. Uma oitava camada 74 compreende um segundo conjunto de tiras de resina reforçada com fibra unidirecional 74a que cobrem a porção de cavidade 66 da ferramenta 65 e são, respectivamente, alinhadas com as tiras 70a formando a camada 70, como será discutida em maiores detalhes abaixo. Uma nona camada final 76 compreende uma segunda camada de largura completa de borracha sintética não curada, flexível, que pode também ser um fluoroelastômero tal como Viton®. A porção de cobertura 38 da bandeja 61 é formada por camadas 64 e 68, enquanto a porção de coberta 36 é formada por uma combinação de camadas 64, 70, 72, 74 e 76.

[0062] Com referência à Figura 7, a seção de formação 32 de bandeja 63 do compactador 30 compreende um par de camadas de

largura total 78 estendendo-se através da porção de cavidade 66 e sobre as superfícies de flange 65a da ferramenta 65. Três camadas adicionais 80 são assentadas sobre a porção de cavidade 66. Em seguida, uma camada de largura total 86 é assentada, seguidas por três camadas 88 que cobrem apenas a porção de cavidade 66. Finalmente, uma outra camada de largura total 90 é assentada. Cada uma das camadas de bandeja 63 pode compreender um material de moldagem de fibra unidirecional ou tecido tendo orientações de fibra selecionadas para aplicação particular.

[0063] Atenção é a seguir direcionada às Figuras 8-17 que ilustram as etapas sequenciais utilizadas para formar a bandeja 61 mostrada na Figura 6. Com referência primeiro à Figura 8, uma bandeja 62 substancialmente plana de camadas 64 mostrada na Figura 6 é provida, que tem uma extensão substancialmente equivalente àquela de todas as três seções 32, 34 do compactador 30. Em seguida, como mostrado na Figura 9, as bordas que se opõem 95 ao longo da seção de compactador 34 do assentado 62 são entalhadas usando qualquer técnica de remoção de material apropriada, tal como, sem limitação, cortador de matriz. Este entalhe resulta em uma série de tiras de flange 64a em cada uma das camadas 64 que são espaçadas ao longo da extensão da seção 34 e são separadas pelos rasgos 128.

[0064] A Figura 10 ilustra a ferramenta 65 pronta para receber a bandeja de camada 61 mostrada na Figura 5. Como previamente mencionado, a ferramenta 65 inclui uma porção de cavidade de formato de cobertura 66 para formar a porção de cobertura 38 do compactador 30 e um par de superfícies de flange 65a para formar as porções de flange 36a da porção de tampa 36 do compactador 30.

[0065] A Figura 11 ilustra as camadas entalhadas 64 tendo assentadas na ferramenta 65, com as tiras de flange espaçadas 64a sobre-assentando as superfícies de flange 65^a da ferramenta 65. A Figura 12

reflete o término da seguinte etapa no processo de assentar, em que as camadas 68 são assentadas dentro da porção de cavidade 66 da ferramenta 65, sobrepondo camadas 64. Então, como mostrado na figura 13, uma bexiga inflável 142 é colocada na porção de cavidade 66 sobrepondo as camadas 68.

[0066] Com referência à Figura 14, a etapa seguinte no processo de fabricação compreende o assentamento das tiras de reforço do material de moldagem unidirecional que se estendem transversalmente 70a, em alinhamento com e sobrepondo as tiras de flange 64(Figura 13) da badeja entalhada 62. Cada uma das tiras de reforço 70a pode compreender uma ou mais camadas de fita de material de moldagem unidirecional, todavia, outros tipos de reforços podem ser possíveis. As tiras de reforço 70a estendem-se substancialmente ao longo de toda a largura da seção de tampa 36 e espaçadas em um passo que é apropriado para a aplicação particular.

[0067] A Figura 15 mostra a camada de borracha 72 tendo sido assentada sobre as tiras de reforço 70a, seguindo-se que, como mostrado na Figura 16, um segundo conjunto de tiras de reforço espaçadas, geralmente paralelas 74a é assentado sobre a camada de borracha 72, alinhada com ambas as tiras de reforço subjacentes 70a e as tiras de flange 64a (ver Figuras 13 e 14). As tiras de reforço 74a reforçam a área da seção de tampa 36 que sobrepõe a cavidade 66. Finalmente, como mostrado na Figura 17, uma segunda camada 76 de borracha sintética não curada ou material flexível similar é assentada sobre as tiras de reforço 74a. A segunda camada de borracha 76 estende-se substancialmente ao longo de toda a largura da bandeja 61.

[0068] A Figura 18 é uma ilustração seccional mostrando uma das juntas flexíveis 23 na seção de compactador 34. O empilhamento alinhado das tiras de reforço 64a, 70a, 74a forma rasgos 128 que são enchidos com a borracha a partir das camadas de borracha 72, 76 du-

rante a laminação de camada da porção de tampa 36. Seguindo-se esta laminação, as juntas de borracha flexíveis 23 estendem-se através substancialmente de toda a largura da porção de tampa 36. As tiras de reforço 64a, 70a, 74a proveem a seção de compactador 34 com a rigidez necessária para manter seu formato e prevenir do colapso quando um vácuo é estirado dentro do compactador 30, enquanto os rasgos enchidos com borracha 128 formando juntas 23 permitem a porção de tampa 36 a flexionar dentro de um dos planos ortogonais 44, 46 (Figura 1). As juntas de borracha flexíveis 23 são alinhadas para coincidir com o local das fendas 40 ao longo da extensão do compactador.

[0069] A Figura 19 é um fluxograma ilustrando as etapas de um método de fabricação do compactador 30. Em uma concretização, que se inicia na etapa 92, uma bandeja plana 62 de camada 64 é provida e na etapa 94 as bordas da bandeja 62 são entalhadas. Em 96, a bandeja entalhada 62 é colocada em e formada sobre uma ferramenta 65 e as camadas adicionais 68 podem ser assentadas, conforme requerido, para reforçar a porção de cobertura 38 do compactador 30. Então, como mostrado em 106, uma bexiga inflável 142 é instalada em uma cavidade 66 da ferramenta 65, sobrepondo as camadas 64, 68. Alternativamente, como mostrado em 100, as camadas 64 podem ser assentadas na ferramenta de formação 65 sem entalhe, seguindo-se que as camadas de cobertura adicionais 68 podem ser assentadas em 102, conforme requerido. Em 104, as bordas das camadas 64 são entalhadas para formar as tiras de flange de reforço 64 na seção de flexão dupla 34 do compactador 30. Em 108, as tiras de reforço compósitas 70a são assentadas sobre as tiras de flange 64a e em 110 a primeira camada 72 da borracha não curada é assentada sobre as tiras de flange 64a. Em 112, o segundo conjunto de tiras de reforço compósita unidirecional 74a são assentadas sobre a primeira camada de borra-

cha 72 a fim de reforçar mais a área da porção de tampa 36 que sobrepõe a cavidade 66. Em 114, a segunda camada 76 da borracha não curada é assentada sobre as tiras de reforço 74.

[0070] Cada uma das seções de compactador 32 é assentada primeiro assentando as camadas da porção de cobertura 38 na etapa 116 e então assentando as camadas na porção de cobertura 36 na etapa 118. Como as camadas de tampa da seção de compactador 32 estão sendo assentadas, pelo menos certas três camadas são intercaladas com as camadas de tampa da seção de compactador 34, como mostrado na etapa 120, a fim de formar as juntas de conexão de sobreposição 48 entre as seções de compactador 32, 34. As juntas 48 podem reduzir a rigidez localizada e aumentar a durabilidade total do compactador 30. Como previamente mencionado, embora as juntas de conexão 48 tenham sido mostradas na concretização exemplar, outros tipos de juntas podem ser possíveis.

[0071] Em 122, a bandeja de compactador é ensacada a vácuo e as camadas de borracha e de resina compósita são co-curadas, com ou sem processamento com autoclave. Em seguida a co-cura, as fendas 40 na porção de cobertura 38 do compactador 30 são formadas pelo corte, serrilhar ou outros processos apropriados. Como previamente mencionado, as fendas 40 são localizadas e espaçadas uma da outra de tal modo que elas sejam substancialmente alinhadas com os rasgos depositados de borracha 128.

[0072] Atenção é em seguida direcionada às Figuras 20-26 que ilustram as etapas de um método de formar, transportar, colocar e compactar uma bandeja de uma longarina de cobertura composta 50 usando o compactador flexível 30. Com referência primeiro à Figura 20, uma longarina em formato de cobertura compósita 50 pode ser formada colocando uma carga compósita de multicamadas sobre uma matriz macho 152 e usando um saco de vácuo 153 para compactar e

formar a carga sobre a matriz 152. Alternativamente, como mostrado na Figura 21, a longarina 50 pode ser formada pela estampagem que forma uma carga compósita entre matrizes macho e fêmea 152, 156, respectivamente, criando uma cavidade de cobertura 154. Seguindo-se à formação, a longarina 50 pode ser centrada, quando necessário. Com a longarina 50 suportada na matriz fêmea 156, o compactador 30 é colocado na cavidade de cobertura 154 da longarina 50 de tal modo que a porção de cobertura 38 do compactador 30 engata as paredes laterais 55 e o topo 56 da longarina 50 e as porções de flange 36a da tampa de compactador 36 sobrepõem e engatam os flanges 58 da longarina 50. A longarina 50 e o compactador 30 podem permanecer na matriz fêmea 156 que pode ser usada como uma peça de fixação de retenção para manter o formato da longarina 50 até os mesmos estarem prontos para serem removidos e transportados para colocação. Opcionalmente, a longarina 50 pode ser transferida para um dispositivo de retenção (não mostrado) até ficar pronta para colocação. A fim de remover a longarina 50 da matriz fêmea 156 (ou um dispositivo de retenção opcional), um vácuo é estirado de dentro do compactador 30 que recolhe o ar através das fendas 40 (Figura 1) para criar uma força de sucção 31 (Figura 22) que leva a longarina 50 a se aderir no compactador 30.

[0073] Como mostrado na Figura 23, com a longarina 50 aderida no compactador 30, o compactador 30 é elevado junto com a longarina 50 distante da matriz fêmea 156 e é utilizado para transportar a longarina 50 para uma estrutura tal como ferramenta 158, como mostrada na Figura 23, tendo superfícies de ferramenta fêmea 159 que são encurvadas em mais do que um plano e substancialmente conjugando-se com a superfície da linha de molde externa (OML) (não mostrada) da longarina 50. O compactador 30 é utilizado para colocar a longarina 50 em uma cavidade 160 da ferramenta 158, como mostrado na Figura

25. Com o compactador 30 e a longarina 50 instalados na cavidade de ferramenta 160, um conjunto de saco de vácuo 155 é instalado sobre o compactador 30 e a longarina 50, e um vácuo é estirado no saco 155 (Figura 25) que, junto com o compactador 30, compacta a bandeja 50 contra as superfícies da ferramenta 159. Seguindo a compactação da longarina 50, como mostrado na Figura 26, o compactador 30 é estirado distante da longarina 50. A longarina 50 pode então ser ainda processada. Por exemplo, carregadores (não mostrados) podem ser instalados na longarina 50, um ou mais balões (não mostrados) podem ser instalados contra a longarina 50, a longarina 50 pode ser provida no revestimento 52 (Figura 2) e curada em uma autoclave (não mostradas), etc.

[0074] A Figura 27 ilustra um fluxograma das etapas de fabricação da longarina 50 previamente descritas em conexão com as figuras 20 – 25. Começando em 162, a carga de longarina de cobertura compósita 50 é assentada e, opcionalmente centrada, conforme necessário. Em 164, a carga de longarina é formada em um formato de longarina, como por estampagem da matriz ou outros processos. A longarina formada 50 pode ser centrada após ser formada na etapa 164, se não for previamente centrada na etapa 162. Opcionalmente, a longarina 50 pode ser transferida para um dispositivo de retenção até estar pronta para ser transportada e colocada pelo compactador 30. Em 166, o compactador 30 é instalado na cavidade de longarina 160. O compactador 30 pode permanecer na longarina 50 para manter seu formato até a longarina 50 estar pronta para ser removida da matriz fêmea 156 ou um dispositivo de retenção. Em 168, a longarina 50 é aderida no compactador 30 utilizando sua força gerada pelo estiramento de um vácuo dentro do compactador 30 que suga a longarina 50 contra o compactador 30. Em seguida, em 170, o compactador 30 é utilizado para elevar e transportar a longarina 50 até uma ferramenta, dispositi-

vo, peça ou outra estrutura ou superfície. Por exemplo, e sem limitação, o compactador 30 pode ser utilizado para transportar a longarina 50 até uma ferramenta 158, então colocar a longarina 50 em um local desejado na ferramenta 158 ou outra estrutura ou superfície. Como a longarina 50 está sendo colocada pelo compactador 30, o compactador 30 pode flexionar em um dos ou em ambos os planos ortogonais 44, 46 ou torcer em volta de um eixo longitudinal 47 (Figura 1) para a extensão necessária para conformar o assentado de longarina 50 às superfícies encurvadas da estrutura tal como superfícies de ferramenta 159.

[0075] Em 174, um saco de vácuo 155 junto com outros componentes de tecido (bagging) usuais (não mostrados) é instalado e vedado sobre a ferramenta 158, cobrindo a longarina 50 e o compactador 30. Em 176, um vácuo é retirado no saco 155 que compacta a longarina 50 através do compactador 30, enquanto o vácuo é mantido dentro do compactador 30. O vácuo estirado de dentro do compactador 30 pode auxiliar na evacuação do saco de vácuo 155 durante o processo de compactação, como um resultado de vazamento do ar para o compactador 30 através das fendas 40 (Figura 1). Em 178, a bandeja de longarina 50 é retirada do saco, o vácuo dentro do compactador 30 é liberado e o compactador 30 é removido da ferramenta 158. Em 180, o compactador pode ser escalonado para reutilização na compactação de uma outra bandeja de longarina 50. O processo de fabricação de longarina pode ser continuado em 182, dependendo da aplicação, instalando carregadores na longarina 50, aplicando balões, provendo revestimentos na longarina, etc.

[0076] As concretizações da invenção podem encontrar uso em uma variedade de aplicações potenciais, particularmente na indústria de transporte, incluindo, por exemplo, aeroespacia, marinha, aplicações automotivas e outra aplicação em que o equipamento de assen-

tar automatizado pode ser utilizado. Assim, com referência, a seguir, às figuras 28 e 29, as concretizações da invenção podem ser utilizadas no contexto de uma fabricação de aeronave e método do serviço 184 como mostrado na Figura 28 e uma aeronave 186 como mostrado na Figura 29. As aplicações em aeronave das concretizações da invenção podem incluir, por exemplo, sem limitação, bandeja de membros de reforço tais como, sem limitação, reforços e longarinas. Durante a pré-produção, método exemplar 184 pode incluir especificação e desenho 188 da aeronave 186 e aquisição de material 190. Durante a produção, a fabricação de componentes e sub-montagem 192 e integração do sistema 194 da aeronave 186 ocorrem. A seguir, a aeronave 186 pode seguir através da certificação e entrega 196 a fim de ser colocado em serviço 198. Enquanto em serviço por um cliente, a aeronave 186 é programada para manutenção e serviço de rotina 200, que podem também incluir modificação, reconfiguração, repolimento, etc.

[0077] Cada um dos processos do método 184 pode ser realizado por um integrador de sistema, uma terceira parte e/ou um operador (por ex., um cliente). Para os propósitos desta descrição, um integrador de sistema pode incluir, sem limitação, qualquer número de fabricantes de aeronave e sub-empregadores do sistema principal; uma terceira parte pode incluir, sem limitação, qualquer número de vendedores, sub-empregadores e fornecedores; e um operador pode ser uma linha aérea, companhia de leasing, entidade militar, organização de serviço, etc.

[0078] Como mostrado na Figura 29, a aeronave 186 produzida pelo método exemplar 184 pode incluir uma estrutura de avião 202 com uma pluralidade de sistemas 204 e um interior 206. A estrutura de avião 202 pode ser fabricada utilizando um método relatado e compactador. Exemplos de sistemas de alto nível 204 incluem um ou mais de um sistema de propulsão 208, um sistema elétrico 210, um sistema

hidráulico 212, e um sistema ambiental 214. Qualquer número de outros sistemas pode ser incluído. Embora um exemplo de aeroespço seja mostrado, os princípios da invenção podem ser aplicados a outras indústrias tais como da marinha e indústrias automotivas.

[0079] Os sistemas e métodos concretizados aqui podem ser empregados durante qualquer um ou mais dos estágios de produção e método de serviço 184. Por exemplo, os componentes ou sub-montagens correspondentes ao processo de produção 192 podem ser fabricados ou manufaturados em uma maneira similar aos componentes ou sub-montagens produzidos enquanto a aeronave 186 está em serviço. Também, uma ou mais concretizações do aparelho, concretizações do método ou uma sua combinação podem ser utilizados durante os estágios de produção 192 e 194, por exemplo, por substancialmente acelerar a montagem de ou redução do custo de uma aeronave 186. Similarmente, uma ou mais concretizações do aparelho, concretizações do método ou uma sua combinação podem ser utilizados enquanto a aeronave 186 está em serviço, por exemplo e, sem limitação, à manutenção e serviço 200.

[0080] A descrição das diferentes concretizações vantajosas tem sido apresentada para propósitos de ilustração e descrição e não se pretende ser exaustiva ou limitada às concretizações na forma relatada. Muitas modificações e variações serão tornadas evidentes para aqueles versados na técnica ordinária. Ainda, diferentes concretizações vantajosas podem prover diferentes vantagens quando comparado a outras concretizações vantajosas. A concretização ou concretizações selecionadas são selecionadas e descritas a fim de melhor explicar os princípios das concretizações, aplicação prática e possibilitar outros versados na técnica a entenderem a invenção para várias concretizações com várias modificações como são apropriados para uso particular contemplado.

REIVINDICAÇÕES

1. Compactador (30) para uso na fabricação de uma estrutura compósita alongada contornada (50), **caracterizado pelo fato de que** compreende:

 pelo menos uma primeira seção (20) flexível ao longo de sua extensão dentro de um primeiro plano (44); e

 pelo menos uma segunda seção (34) acoplada à primeira seção (32) e flexível ao longo de sua extensão dentro do primeiro plano (44) e dentro de um segundo plano (46), em que a segunda seção (34) do compactador (30) inclui uma primeira porção (36) geralmente plana e uma segunda porção (38) adaptada para ser recebida dentro de uma cavidade na estrutura compósita (50), em que a primeira porção (36) inclui:

 uma pluralidade de tiras de reforço (70a) estendendo-se transversalmente através da largura da primeira porção (36) e espaçada ao longo da primeira porção (36), em que as tiras de reforço (70a) incluem resina reforçada com fibra unidirecional,

 rasgos (128) entre as tiras de reforço (70a), e um material flexível nos rasgos (128), e em que o material flexível inclui uma borraça sintética.

2. Compactador (30), de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado pelo fato de que** o primeiro e o segundo planos (44, 46) são geralmente ortogonais entre si.

3. Compactador (30), de acordo com a reivindicação 1 ou 2, **caracterizado pelo fato de que**

 a segunda porção (38) inclui uma pluralidade de fendas (40) que se estendem transversalmente na mesma, e

 as fendas (40) são substancialmente alinhadas com os rasgos (128) na primeira porção (36).

4. Compactador (30), de acordo com qualquer uma das rei-

vindicações precedentes, **caracterizado pelo fato de que** a segunda seção (47) inclui uma pluralidade de juntas de borracha flexíveis (23) ao longo de sua extensão, permitindo a segunda seção (34) a flexionar dentro do segundo plano (46).

5. Compactador (30), de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, **caracterizado pelo fato de que** a segunda seção (34) inclui tiras alternantes de reforço e borracha ao longo de sua extensão.

6. Compactador (30), de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, **caracterizado pelo fato de que** compreende ainda uma junta de conexão entre a primeira e a segunda seções (32, 34).

7. Método de utilizar um compactador (30) como definido em qualquer uma das reivindicações 1 a 6, **caracterizado pelo fato de que** compreende:

formar (164) uma bandeja de reforçador compósito;

trazer (166) o compactador (30) em contato com a bandeja de reforçador;

aderir (168) a bandeja de reforçador ao compactador (30);

utilizar (170) o compactador (30) para transportar e colocar a bandeja de reforçador em uma superfície; e

utilizar (172) o compactador (30) para compactar a bandeja de reforçador contra a superfície.

8. Método, de acordo com a reivindicação 7, **caracterizado pelo fato de que** a adesão da bandeja de reforçador ao compactador (30) inclui:

gerar um vácuo dentro do compactador (30), e

utilizar o vácuo para sugar a bandeja de reforçador contra o compactador (30).

9. Método, de acordo com a reivindicação 7 ou 8, **caracte-**

rizado pelo fato de que a sucção da bandeja de reforçador contra o compactador (30) inclui a geração de uma força de sucção pelo estiramento de ar através dos lados no compactador (30) em contato com a bandeja de reforçador.

10. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações 7 a 9, **caracterizado pelo fato de que** o uso do compactador (30) para colocar a bandeja de reforçador inclui a conformação do compactador (30) à geometria da superfície por permitir o compactador (30) a flexionar dentro dos dois planos geralmente ortogonais.

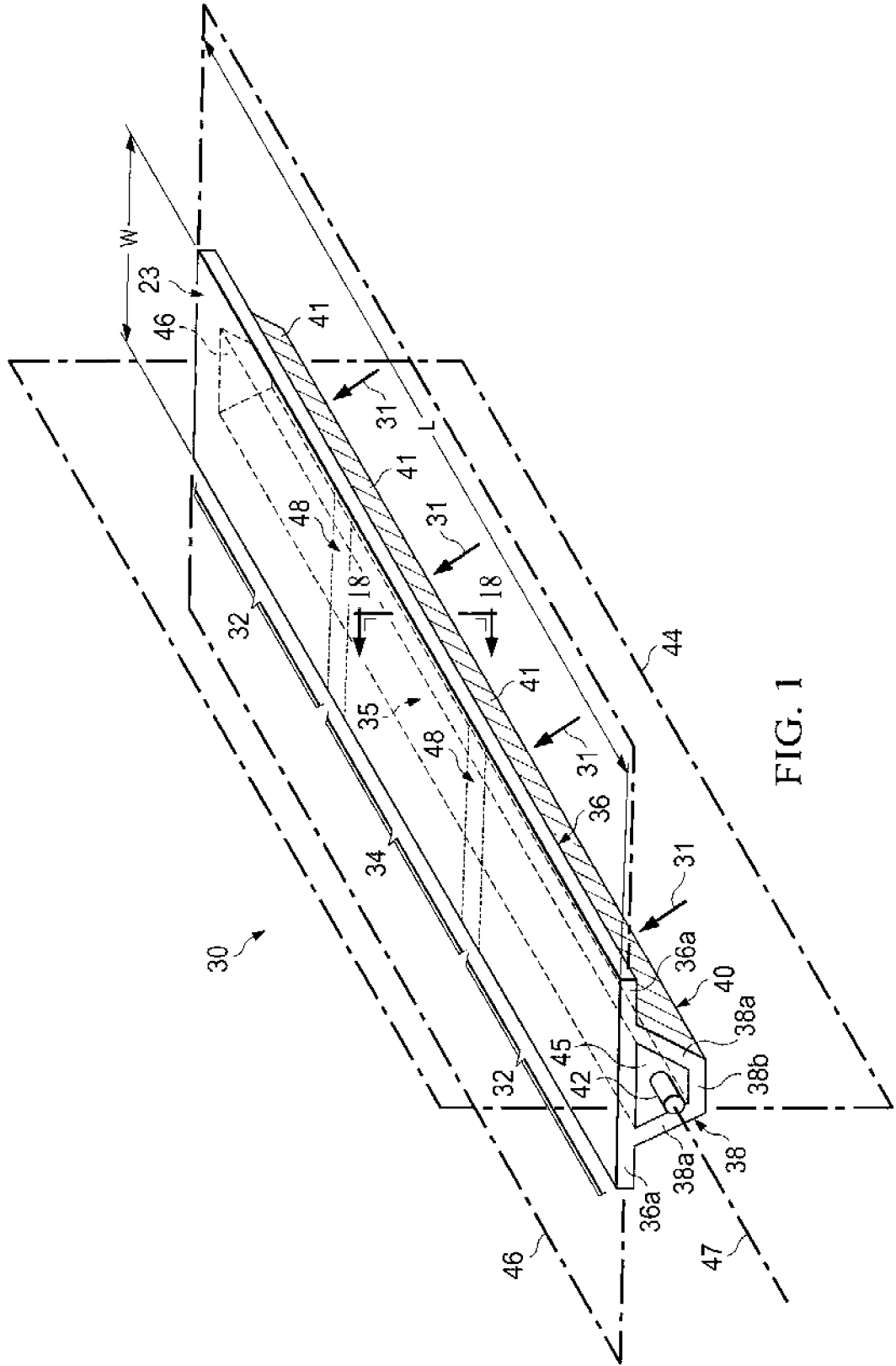


FIG. 1

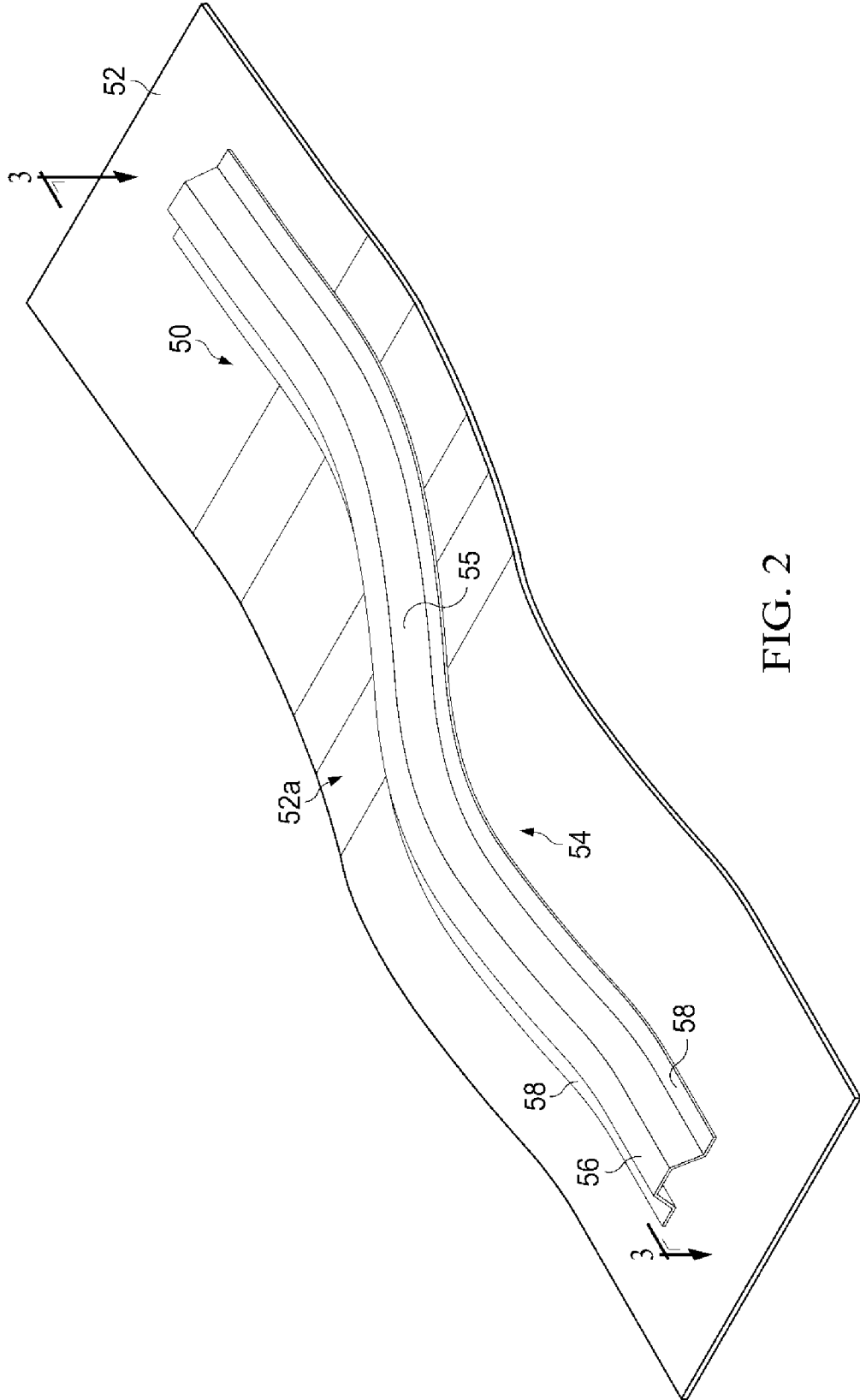


FIG. 2

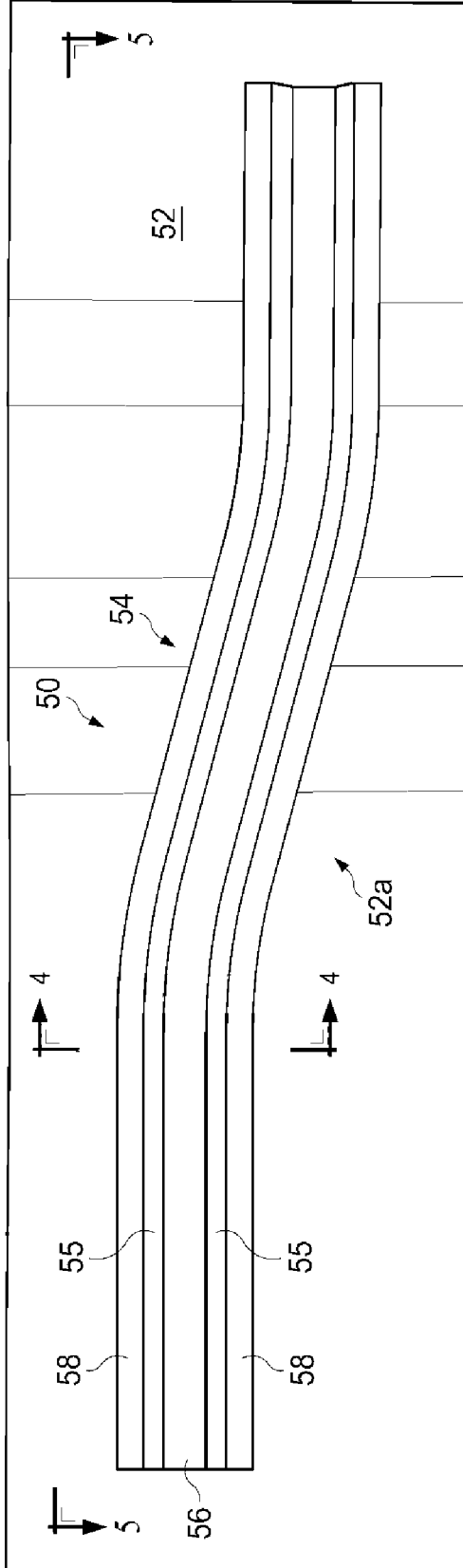
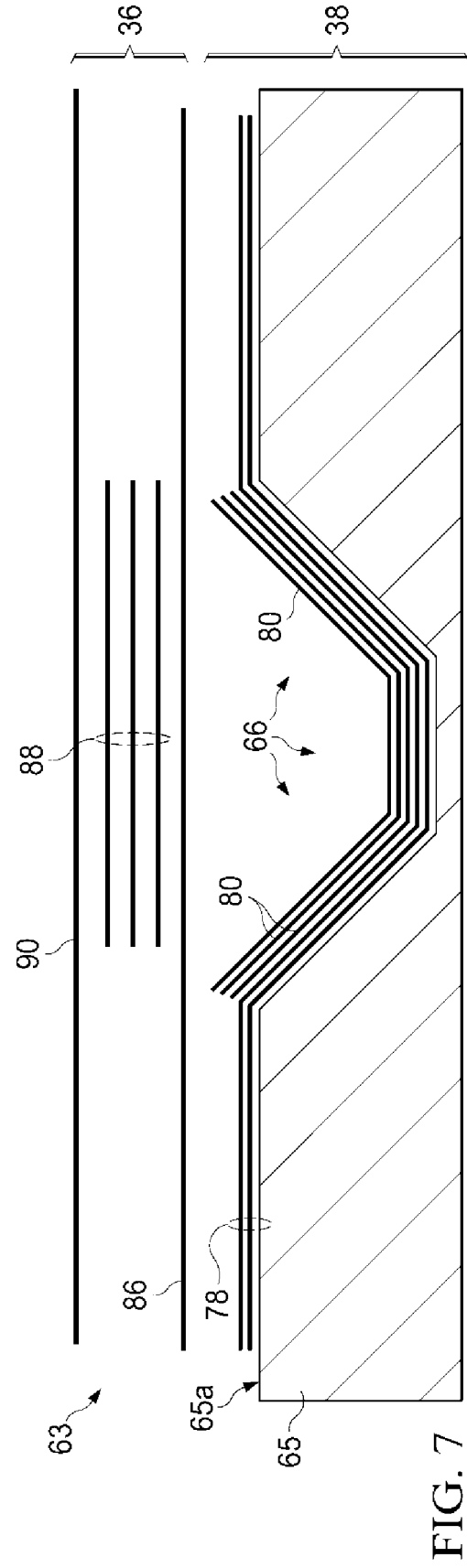
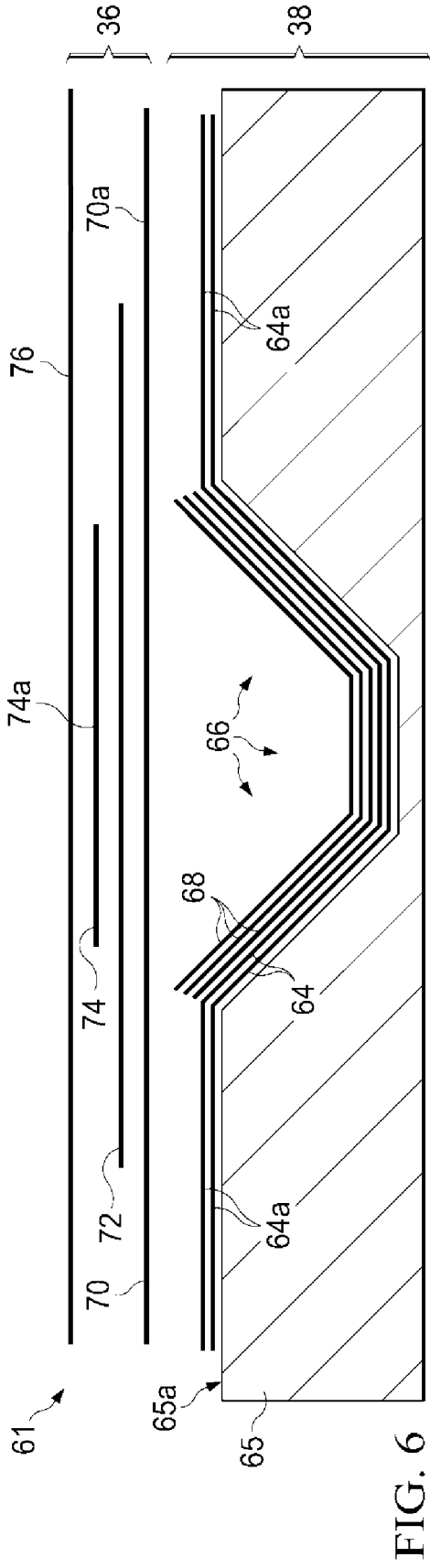


FIG. 3



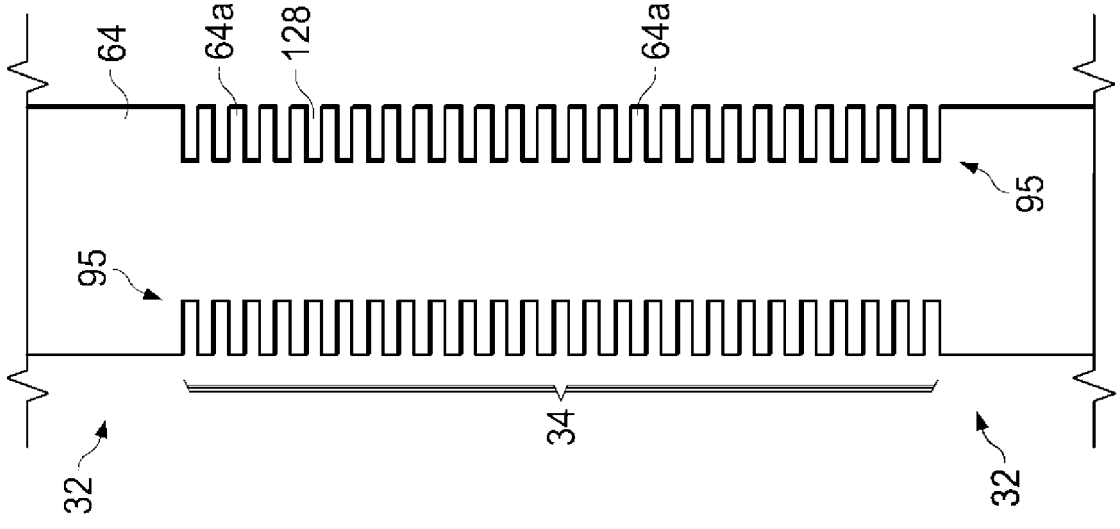


FIG. 9

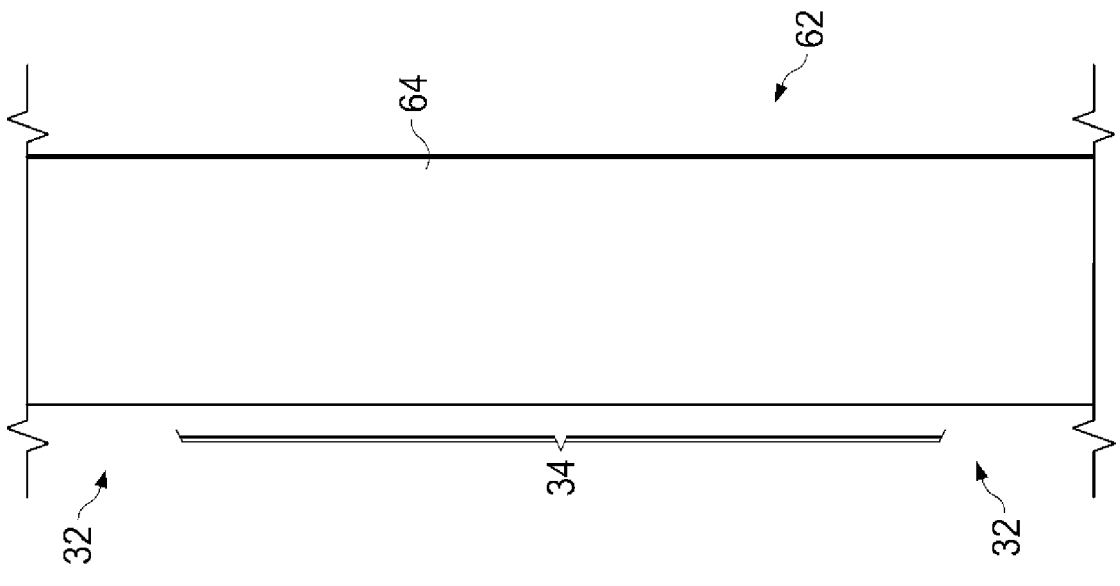


FIG. 8

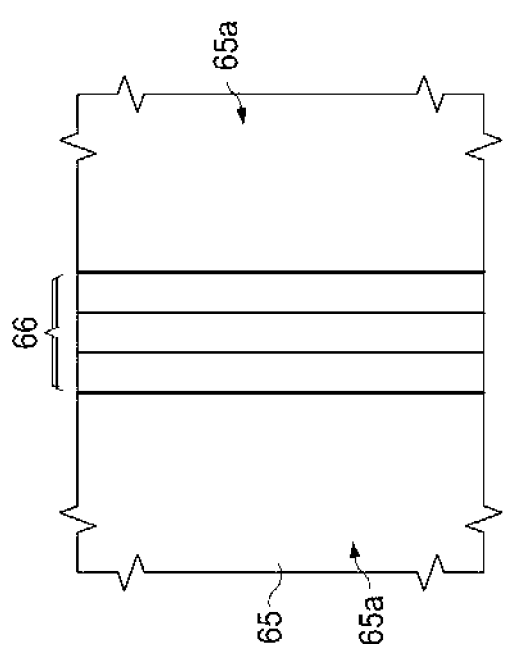


FIG. 10

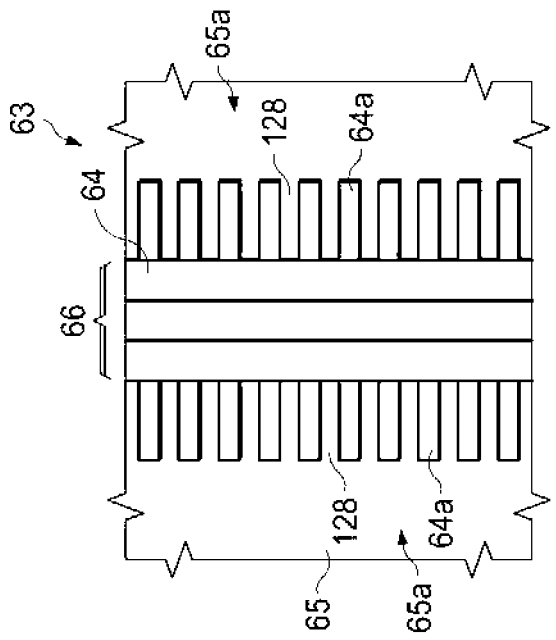


FIG. 11

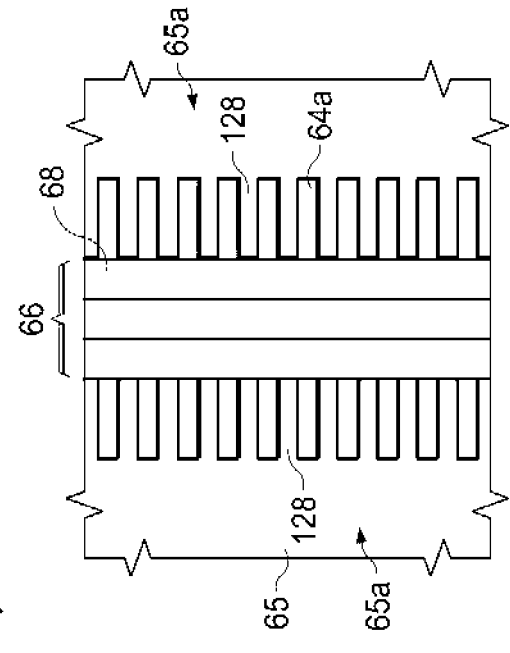


FIG. 12

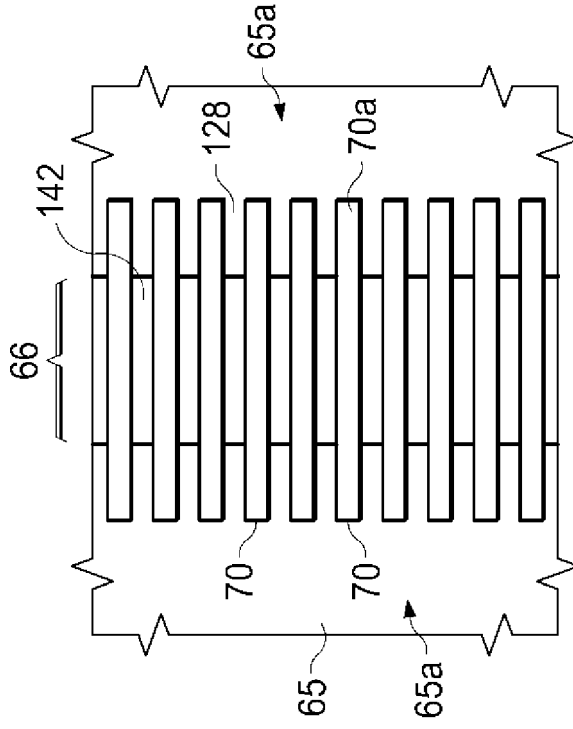


FIG. 14

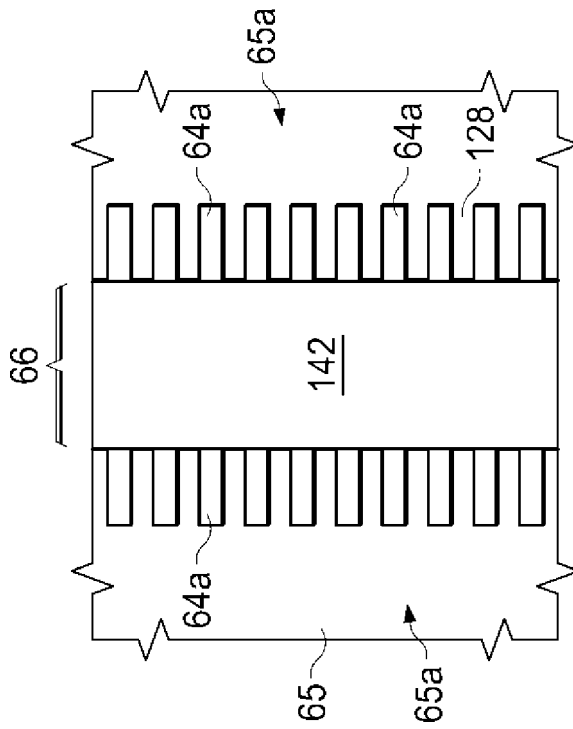


FIG. 13

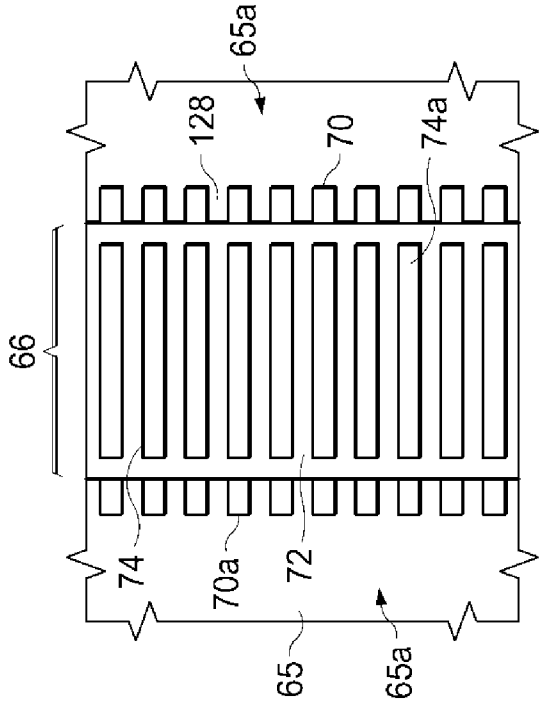


FIG. 16

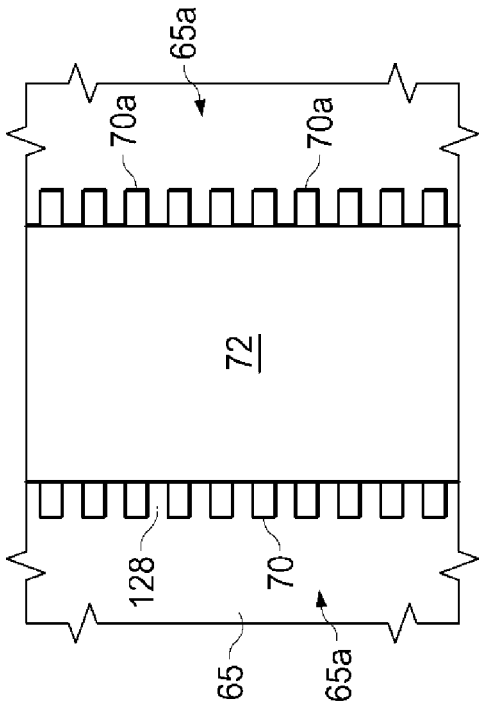


FIG. 15

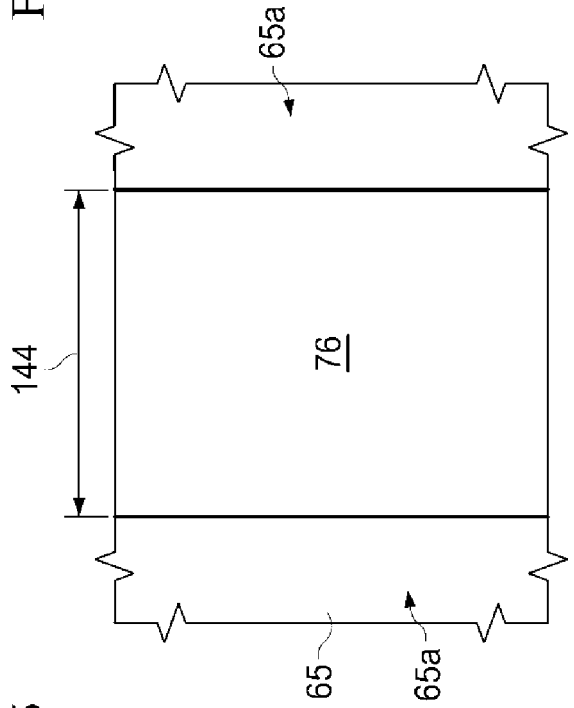


FIG. 17

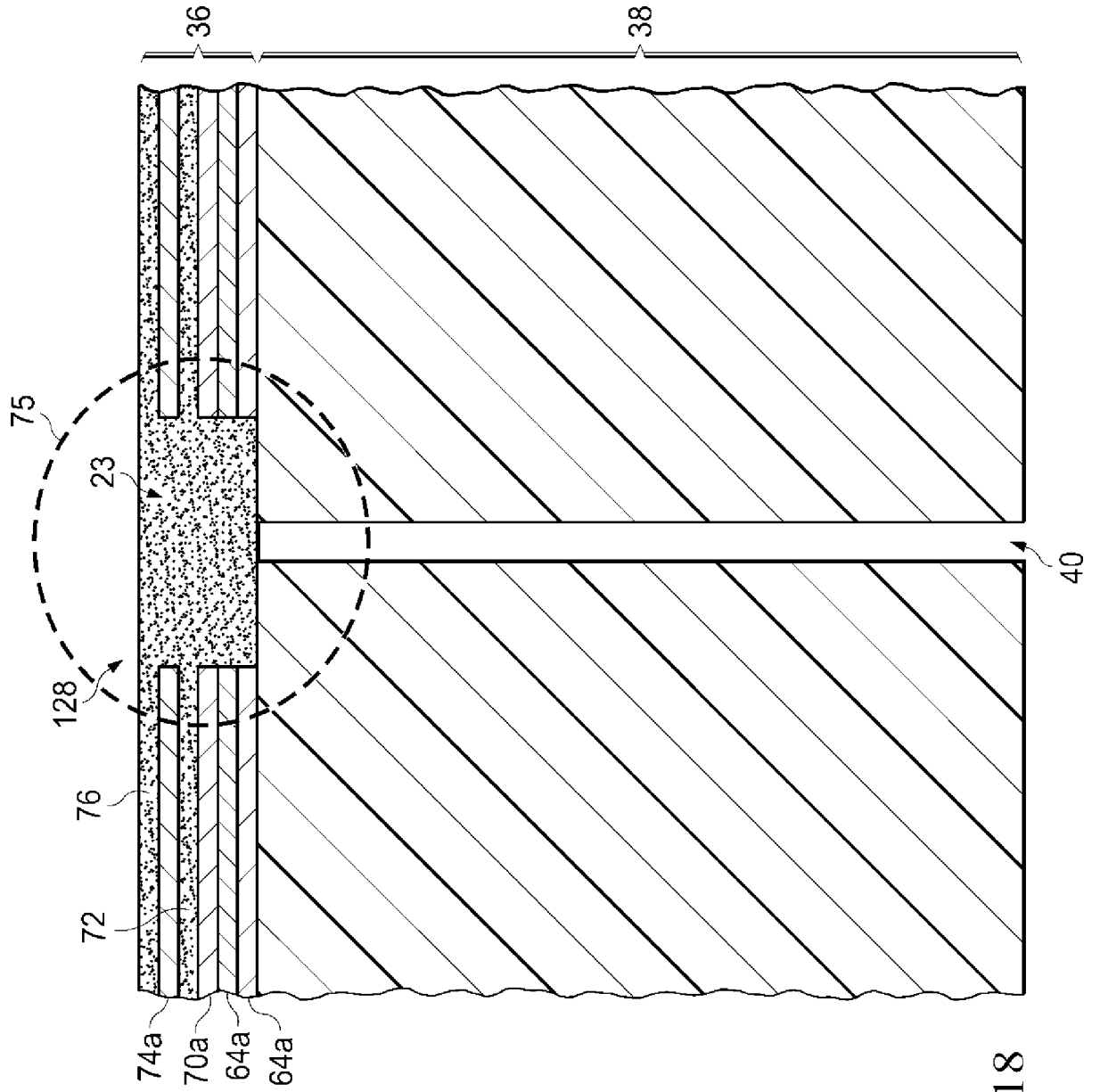


FIG. 18

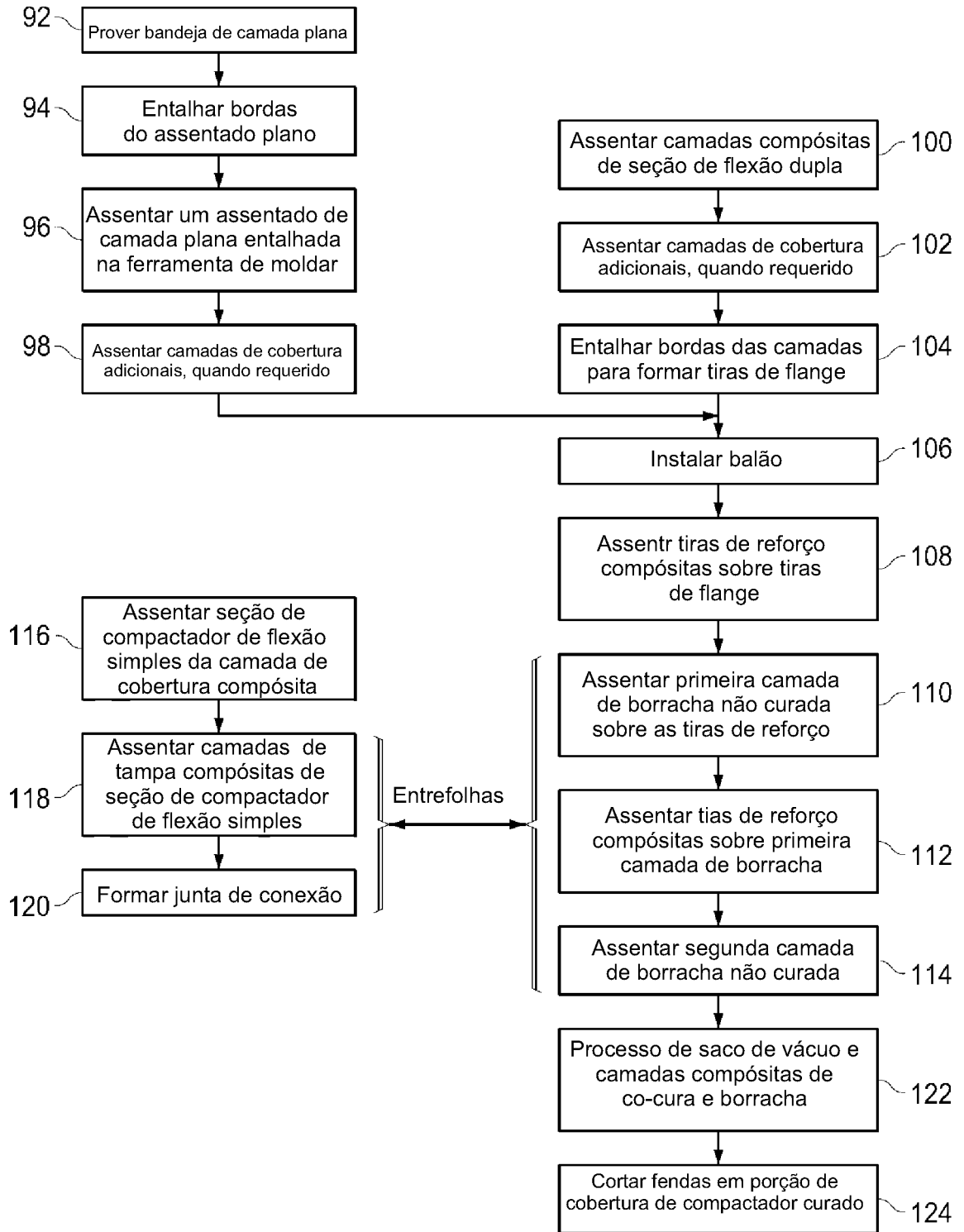


FIG. 19

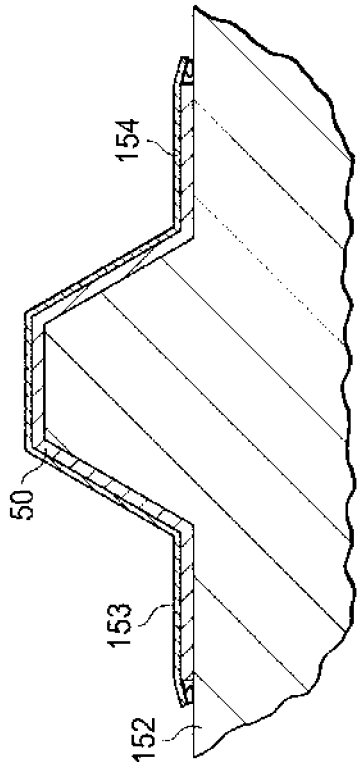


FIG. 20

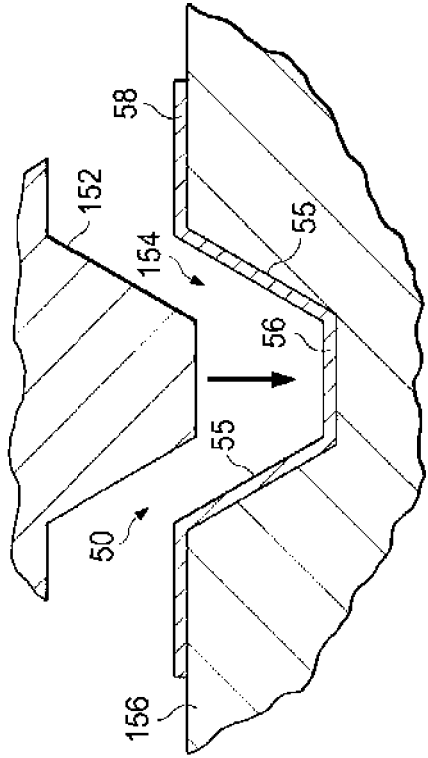


FIG. 21

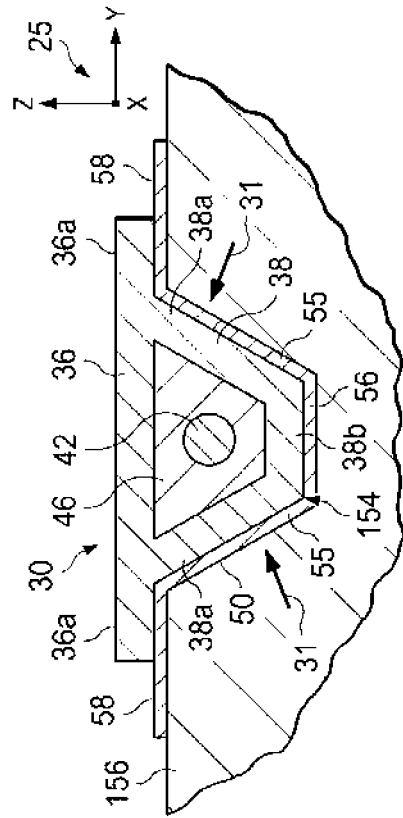


FIG. 22

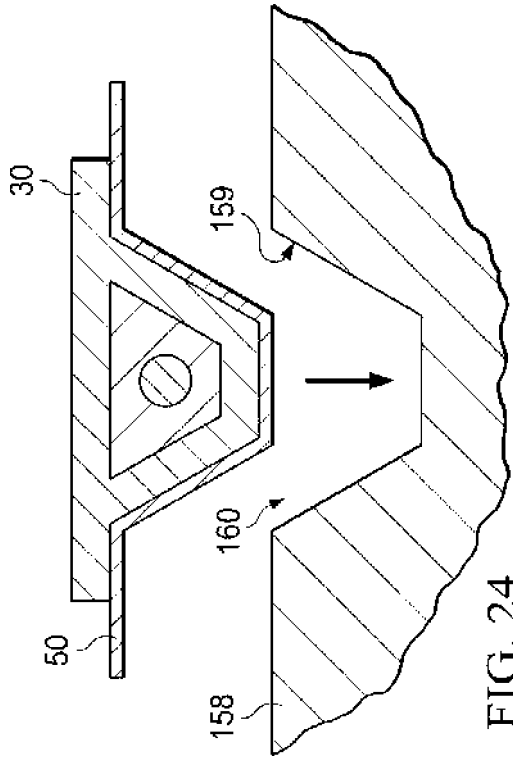


FIG. 24

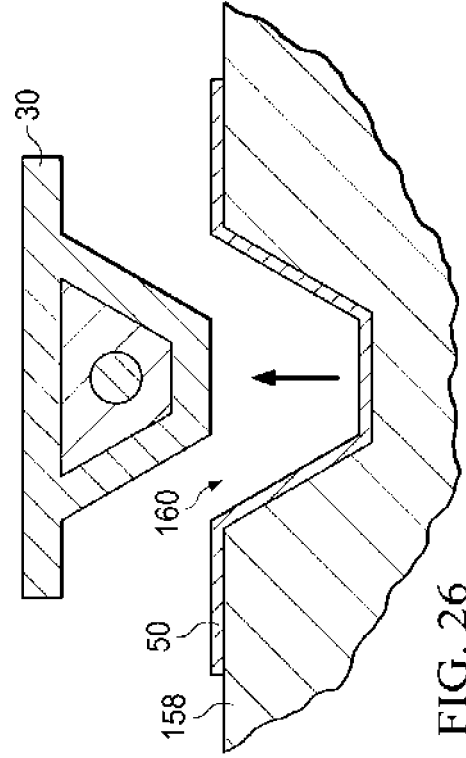


FIG. 26

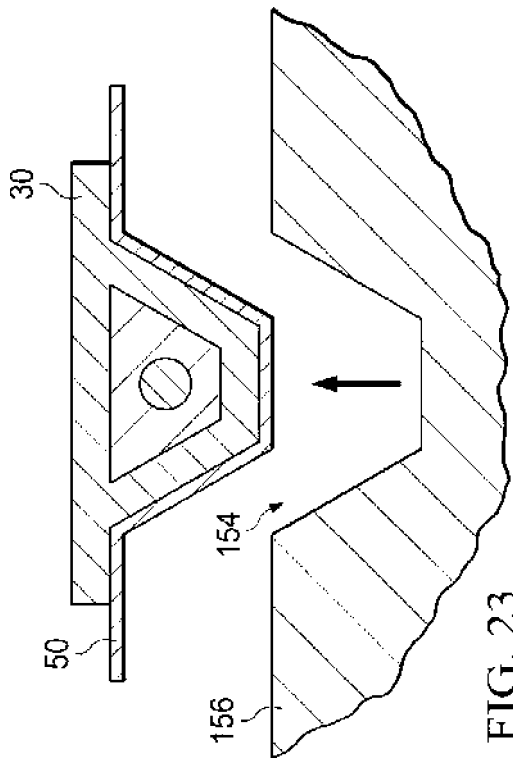


FIG. 23

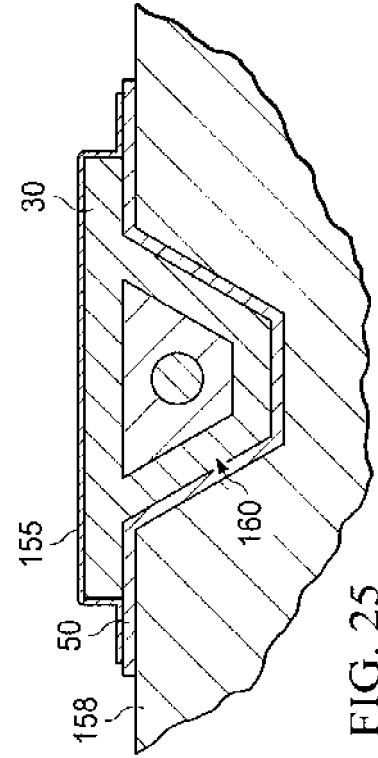


FIG. 25

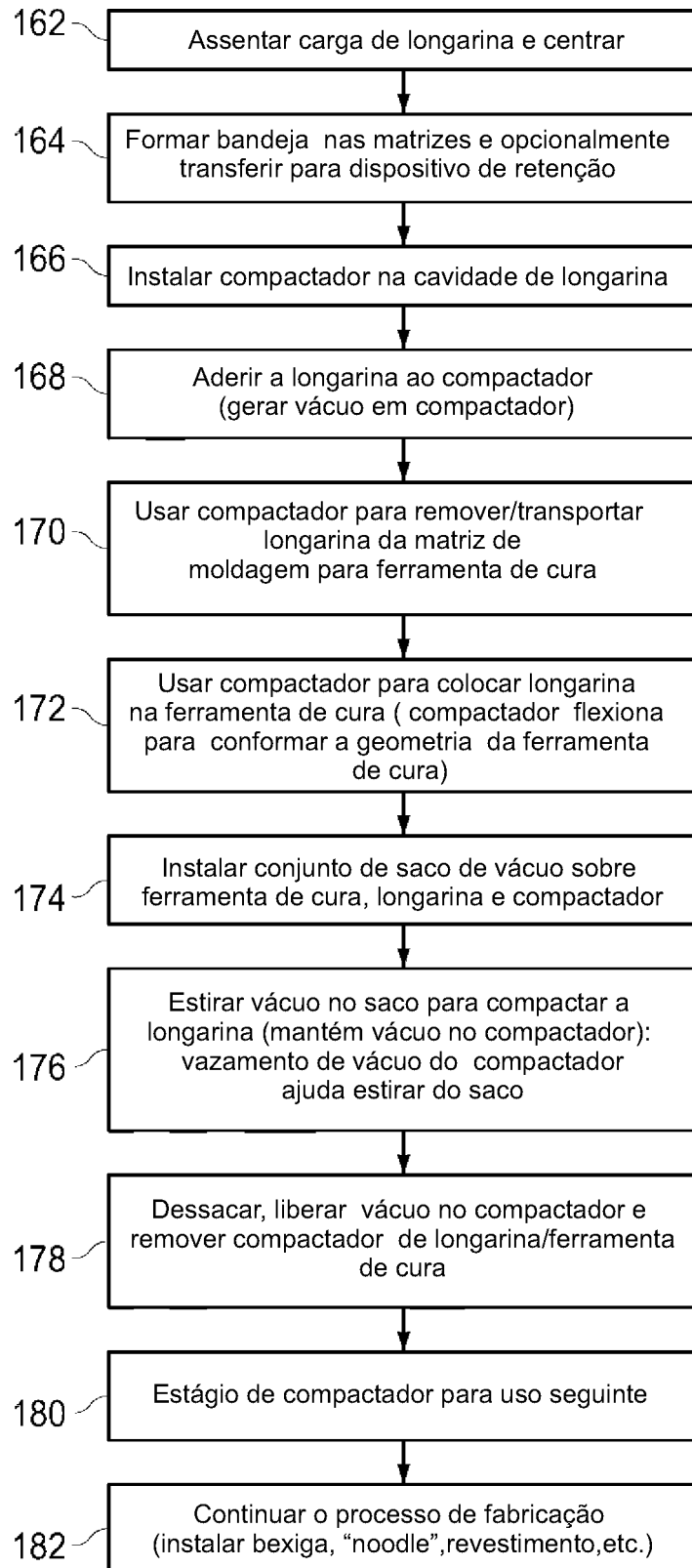


FIG. 27

FIG. 28

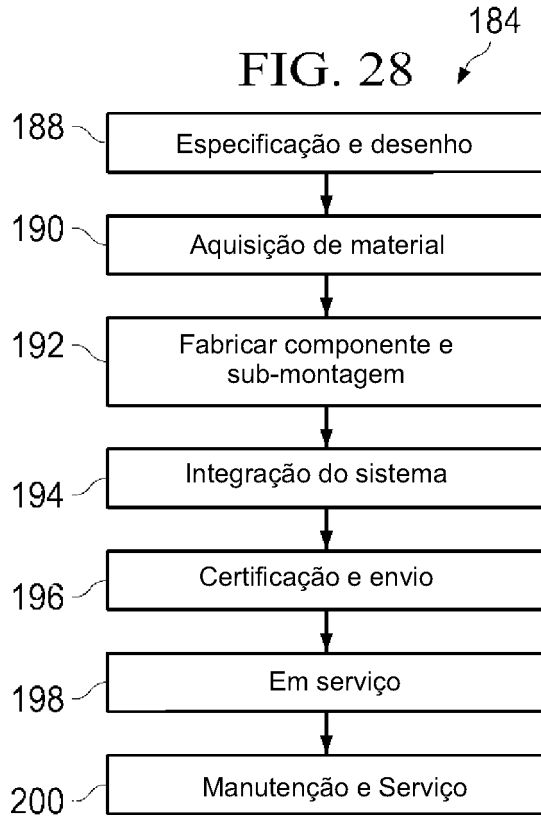


FIG. 29

