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

(11) BR 102013014257-3 B1

(22) Data do Depósito: 07/06/2013

(45) Data de Concessão: 01/12/2020

(54) Título: APARELHO E MÉTODO PARA USO NA CURA EM AUTOCLAVE DE UMA CARGA COMPÓSITA

(51) Int.Cl.: B29C 49/28; B29C 49/06.

(30) Prioridade Unionista: 08/06/2012 US 13/491,698.

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

(72) Inventor(es): KURTIS S. WILLDEN; WILLIAM STAHL HOLLENSTEINER.

(57) Resumo: APARELHO E MÉTODO PARA USO NA CURA EM AUTOCLAVE DE UMA CARGA COMPÓSITA. A presente invenção refere-se a uma carga de peça compósita que tem uma cavidade interna que é colocada em uma ferramenta e coberta por um saco de vácuo para cura em autoclave. Uma bexiga é colocada na cavidade para reagir à pressão da autoclave na carga. A bexiga é acoplada a um reservatório de fluido flexível situado embaixo do saco de vácuo. A bexiga é pressurizada pela pressão da autoclave aplicada através do saco de vácuo ao reservatório de fluido flexível.

Relatório Descritivo da Patente de Invenção para **"APARELHO E MÉTODO PARA USO NA CURA EM AUTOCLAVE DE UMA CARGA COMPÓSITA".**

Informação Antecedente

1. Campo

[0001] A presente descrição geralmente refere-se a métodos e a equipamentos para fabricar peças de resina compósita, e lida mais particularmente com um sistema de bexiga usado na cura de peças compósitas dentro de uma autoclave.

2. Antecedentes

[0002] Peças de resina compósita podem ser curadas dentro de uma autoclave que aplica calor e pressão à peça durante um ciclo de cura. Algumas geometrias de peça incluem cavidades internas que podem fazer com que a peça sofra um colapso sob a pressão da autoclave a menos que uma ferramenta, tal como, uma bexiga inflável seja colocada na cavidade para obter a força de pressão da autoclave aplicada à peça. Por exemplo, na indústria aeronáutica, as bexigas infláveis podem ser inseridas nas cavidades de bandejas de longarina composta que são curadas em autoclave em ferramentas de cura semelhantes a mandril. Estas bexigas são pressurizadas ventilando-se as mesmas até a pressão da autoclave.

[0003] Existem diversos problemas com as bexigas descritas acima, que podem levar a inconsistências nas peças curadas. Por exemplo, a falha para ventilar adequadamente a bexiga pode impedir que a bexiga se torne suficientemente pressurizada para obter as pressões de autoclave aplicadas. De maneira similar, a pressurização de bexiga insuficiente pode resultar na falha da fita selante usada para vedar um orifício de ventilação que acopla a bexiga a uma ventilação externa. Também é possível que uma parede de bexiga falhe ou seja penetrada, em cujo caso o gases de autoclave podem ser forçados na

peça ao longo do ciclo de cura. Estes problemas podem ser particularmente problemáticos onde um grande número de longarinas são cocuradas ao mesmo tempo a outras peças. Por exemplo, onde inúmeras longarinas são cocuradas com um revestimento de fuselagem, cada uma das bexigas colocada nas longarinas é uma fonte potencial de vazamento na estrutura cocurada que pode fazer com que toda a estrutura seja inutilizada ou extensivamente reformulada.

[0004] Consequentemente, existe uma necessidade de um sistema de bexiga não ventilada que possa reduzir ou eliminar os efeitos adversos que resultam de vazamentos na bexiga ou falha para pressurizar apropriada-mente a bexiga. Existe também uma necessidade de um sistema de bexiga e método de cura que não requer ventilação para a pressão da autoclave, e que pode eliminar a necessidade de vedações de orifício de ventilação de bexiga.

Sumário

[0005] As modalidades descritas proporcionam um sistema de bexiga não ventilada que pode reduzir substancialmente ou eliminar inconsistên-cias nas peças curadas devido ao vazamento da bexiga, vazamento de ve-dação e/ou falha de uma bexiga para ventilar apropriadamente as pressões da autoclave. O sistema descrito pode reduzir a inutilização de produto e/ou a necessidade de reformulação. De maneira adicional, o método e o sistema de bexiga não ventilada descritos podem reduzir os custos de trabalho e aprimorar o fluxo de produção. As modalidades eliminam a necessidade de uso de uma fita selante ao redor de um orifício de ventilação na bexiga. Um reservatório de fluido é permanentemente conectado ao orifício de ventila-ção de bexiga e é vedado embaixo de um saco de vácuo eliminando, deste modo, caminhos de vazamento ao redor da ventilação da bexiga. O reserva-tório pressuriza a cavidade da bexiga

quando a autoclave for pressurizada. No caso de um vazamento na bexiga, apenas o volume da bexiga é vazado dentro da peça.

[0006] De acordo com uma modalidade descrita, proporciona-se um aparelho para uso na cura em autoclave de uma carga de peça composta que tem uma cavidade interna. O aparelho compreende uma bexiga flexível adaptada para ser colocada na cavidade para aplicar pressão na carga de peça compósita durante a cura, e um reservatório de fluido para pressurizar a bexiga, sendo que o reservatório e a bexiga são acoplados entre si em um sistema fechado. O aparelho pode compreender adicionalmente um saco flexível vedado ao longo da bexiga flexível e do reservatório de fluido, em que o saco flexível se encontra em contato face a face com o reservatório de fluido e transmite a pressão da autoclave para o reservatório de fluido. O aparelho também pode compreender uma ferramenta de cura adaptada para ter a carga de peça compósita situada nesta, e em que o reservatório de flui-do se situa na ferramenta de cura e o saco flexível é vedado à ferramenta curada. O reservatório de fluido é flexível. A bexiga inclui um orifício de ventilação, e uma porção do reservatório de fluido é conectada à bexiga e inclui uma saída de fluido acoplada ao orifício de ventilação na bexiga. O reserva-tório de fluido pode incluir uma porta de vácuo vedada embaixo do saco fle-xível adaptada para ser acoplada a uma fonte de vácuo para aliviar seleti-vamente a pressão dentro do reservatório de fluido após a carga compósita ter sido curada. A bexiga inclui uma divisória que forma uma câmara interior dentro da bexiga, e um material de preenchimento que preenche a câmara interior que tem uma densidade que é suficiente para endurecer a bexiga quando a bexiga for pressurizada pelo fluido do reservatório de fluido. A divisória inclui um lado flexível que é exposto ao fluido do reservatório de fluido. O lado flexível flexiona para aplicar a pressão ao material de preen-

chimento quando o reservatório de fluido pressurizar a bexiga.

[0007] De acordo com outra modalidade descrita, proporciona-se um sistema de bexiga não ventilada para uso na cura em autoclave de uma carga de peça compósita. O sistema de bexiga não ventilada compreende uma bexiga adaptada para aplicar pressão à carga de peça compósita, e um reservatório de fluido flexível adaptado para conter uma quantidade de flui-do e compressível através da pressão aplicada pela autoclave para fornecer pressão de fluido para a bexiga, em que o reservatório de fluido é acoplado à bexiga em um sistema de fluido fechado que não é ventilado na autocla-ve. O reservatório de fluido é conectado à bexiga. O reservatório de fluido inclui uma saída de fluido, e a bexiga inclui um orifício de ventilação aco-plado à saída de fluido. A bexiga inclui divisória flexível exposta ao fluido do reservatório de fluido que forma uma câmara interna dentro da bexiga, e um material de preenchimento dentro da câmara interna para endurecer a bexi-ga.

[0008] Em outra modalidade, proporciona-se o aparelho para aplicar a pressão de ar externa substancialmente uniforme em uma peça não curada que tem uma cavidade interna. O aparelho compreende uma ferramenta adaptada para ter a peça situada nesta, uma bexiga adaptada para ser colo-cada dentro da cavidade interna e em contato com a peça, sendo que a be-xiga é adaptada para ser pressurizada com um fluido, um reservatório do fluido acoplado à bexiga, e um saco flexível vedado à ferramenta e que co-bre a peça, a bexiga e o reservatório. O reservatório é conectado à bexiga para formar uma única montagem que pode ser instalada e removida da ca-vidade interna. O reservatório inclui paredes flexíveis em contato face a face com o saco flexível que permite que a pressão externa seja aplicada ao re-servatório através do saco flexível. A bexiga inclui material de preenchimen-to para endurecer a bexiga, e uma divisória

que separa o material de preen-chimento do fluido de reservatório. O reservatório e a bexiga formam um sis-tema de fluido fechado que não é ventilado até a pressão externa.

[0009] De acordo com ainda outra modalidade, proporciona-se um mé-todo de cura em autoclave de uma carga de peça compósita que tem uma cavidade interna. O método compreende colocar a carga de peça compósita em uma ferramenta, instalar uma bexiga dentro da cavidade, acoplar a bexi-ga a um reservatório de fluido, vedar um saco flexível ao longo da peça e do reservatório, e usar o saco flexível para transmitir a pressão da autoclave para o reservatório para forçar o fluido a partir do reservatório para dentro da bexiga. O acoplamento da bexiga ao reservatório inclui conectar a bexiga ao reservatório antes de a bexiga ser instalada na cavidade. A vedação do saco inclui vedar o saco à ferramenta. O método pode compreender adicional-mente endurecer a bexiga preenchendo-se a bexiga com um material de preenchimento, e separar o material de preenchimento do fluido colocando-se uma divisória na bexiga. O método também pode compreender o uso de um vácuo para baixar o saco flexível contra os lados do reservatório.

[00010] De acordo com uma modalidade adicional, proporciona-se um método de cura em autoclave de uma carga de peça compósita que tem uma cavidade interna. O método compreende suportar a carga de peça compósita dentro da autoclave, e pressurizar uma bexiga dentro da cavida-de interna usando a pressão da autoclave para forçar o fluido a partir de um reservatório de fluido para dentro da bexiga. O uso da pressão da autoclave para forçar o fluido a partir do reservatório de fluido para dentro da bexiga inclui evacuar um saco de vácuo vedado ao longo do reservatório de fluido, e usar o saco para transmitir a pressão da autoclave para o reservatório de fluido.

[00011] Em suma, de acordo com um aspecto da invenção

proporcio-nou-se um aparelho para uso na cura em autoclave de uma carga compósi-ta que tem uma cavidade interna, que inclui uma bexiga flexível adaptada para ser colocada na cavidade para aplicar pressão sobre a carga compósita durante a cura; e um reservatório de fluido para pressurizar a bexiga, sendo que o reservatório e a bexiga são acoplados entre si em um sistema fecha-do.

[00012] De maneira vantajosa, o aparelho que inclui adicionalmente um saco flexível vedado ao longo da bexiga flexível e do reservatório de fluido, e em que o saco flexível fica em contato face a face com o reservatório de fluido.

[00013] De maneira vantajosa, aparelho, em que o saco flexível transmi-te a pressão a partir da autoclave até o reservatório de fluido.

[00014] De maneira vantajosa, o aparelho que inclui adicionalmente uma ferramenta de cura adaptada para ter a carga compósita situada nesta, e em que o reservatório de fluido se situa na ferramenta de cura e o saco flexível é vedado à ferramenta curada.

[00015] De maneira vantajosa, aparelho em que o reservatório de fluido é flexível.

[00016] De maneira vantajosa, o aparelho em que a bexiga inclui um ori-fício de ventilação, e uma porção do reservatório de fluido é conectada à bexiga e inclui uma saída de fluido acoplada ao orifício de ventilação na bexiga.

[00017] De maneira vantajosa, o aparelho em que o reservatório inclui uma porta de vácuo adaptada para ser acoplada a uma fonte de vácuo para aliviar seletivamente a pressão dentro do reservatório de fluido.

[00018] De maneira vantajosa, o aparelho em que a bexiga inclui uma divisória que forma uma câmara interior dentro da bexiga, e um material de preenchimento que preenche a câmara interior e que tem uma densidade que é suficiente para endurecer a bexiga quando a

bexiga for pressurizada pelo fluido a partir do reservatório de fluido.

[00019] De maneira vantajosa, o aparelho em que a divisória inclui um lado flexível que é exposto ao fluido a partir do fluido do reservatório de flui-do, e o lado flexível flexiona para aplicar a pressão ao material de preenchi-mento quando o reservatório de fluido pressurizar a bexiga.

[00020] De acordo com outro aspecto da invenção proporcionou-se um sistema de bexiga não ventilada para uso na cura em autoclave de uma carga de peça compósita, que inclui uma bexiga adaptada para aplicar pres-são à carga de peça compósita; e um reservatório de fluido flexível adaptado para conter uma qualidade de fluido e compressível através da pressão apli-cada pela autoclave para fornecer a pressão de fluido para a bexiga, em que o reservatório de fluido é acoplado à bexiga em um sistema de fluido fecha-do que não é ventilado até a autoclave.

[00021] De maneira vantajosa, sistema de bexiga não ventilada, em que o reservatório de fluido é conectado à bexiga.

[00022] De maneira vantajosa, sistema de bexiga não ventilada, em que o reservatório de fluido inclui uma saída de fluido, e a bexiga inclui um orifí-cio de ventilação acoplado à saída de fluido.

[00023] De maneira vantajosa, o sistema de bexiga não ventilada em que a bexiga inclui uma divisória flexível exposta ao fluido a partir do reser-vatório de fluido que forma uma câmara interna dentro da bexiga, e um ma-terial de preenchimento dentro da câmara interna para endurecer a bexiga.

[00024] De acordo com ainda outro aspecto da invenção, proporcionou-se um aparelho para aplicar pressão de ar externa substancialmente uni-forme em uma peça que tem uma cavidade interna, que inclui uma ferra-menta adaptada para ter a peça colocada neste; uma bexiga adaptada para ser colocada dentro da cavidade

interna e em contato com a peça, sendo que a bexiga é adaptada para ser pressurizada com um fluido; um reservató-rio do fluido acoplado à bexiga; e um saco flexível vedado à ferramenta e que cobre a peça, a bexiga e o reservatório.

[00025] De maneira vantajosa, o aparelho em que o reservatório é co-nectado à bexiga para formar uma única montagem que pode ser instalada e removida da cavidade interna.

[00026] De maneira vantajosa, o aparelho, em que o reservatório inclui paredes flexíveis em contato face a face com o saco flexível que permite que a pressão externa seja aplicada ao reservatório através do saco flexível.

[00027] De maneira vantajosa, o aparelho em que a bexiga inclui o ma-terial de preenchimento para endurecer a bexiga, e uma divisória que sepa-ra o material de preenchimento do fluido de reservatório.

[00028] De maneira vantajosa, o aparelho em que o reservatório e a be-xiga formam um sistema de fluido fechado que não é ventilado até a pres-são externa.

[00029] De acordo com ainda outro aspecto da invenção, proporcionou-se um método de cura em autoclave de uma carga compósita que tem uma cavidade interna, que inclui colocar a carga compósita em uma ferramenta; instalar uma bexiga dentro da cavidade; acoplar a bexiga a um reservatório de fluido; vedar um saco flexível ao longo da carga compósita e do reserva-tório; e usar o saco flexível para transmitir a pressão da autoclave para o re-servatório para forçar o fluido a partir do reservatório para dentro da bexiga.

[00030] De maneira vantajosa, o método em que o acoplamento da be-xiga ao reservatório inclui conectar a bexiga ao reservatório antes de a bexi-ga ser instalada na cavidade.

[00031] De maneira vantajosa, o método em que a vedação do saco in-clui vedar o saco à ferramenta.

[00032] De maneira vantajosa, o método que inclui adicionalmente en-durecer a bexiga preenchendo-se a bexiga com um material de preenchi-mento, e separar o material de preenchimento do fluido colocando-se uma divisória na bexiga.

[00033] De maneira vantajosa, o método que inclui adicionalmente usar um vácuo para baixar o saco flexível contra os lados do reservatório.

[00034] De maneira vantajosa, o método que inclui adicionalmente re-mover o saco flexível da carga compósita e do reservatório após a carga compósita ter sido curada; e aliviar a pressão dentro da bexiga carregando-se o reservatório até uma fonte de vácuo após o saco flexível ter sido remo-vido.

[00035] De acordo com um aspecto adicional da presente invenção, proporcionou-se um método de cura em autoclave de uma carga de peça compósita que tem uma cavidade interna, que inclui suportar a carga de peça compósita dentro da autoclave; e pressurizar uma bexiga dentro da cavidade interna usando a pressão da autoclave para forçar o fluido a partir a reservatório de fluido para dentro da bexiga.

[00036] De maneira vantajosa, o método adicional em que o uso da pressão da autoclave para forçar o fluido a partir do reservatório de fluido para dentro da bexiga inclui evacuar um saco de vácuo vedado ao longo do reservatório de fluido, e usar o saco para transmitir a pressão da autoclave para o reservatório de fluido.

[00037] Os recursos, as funções e as vantagens podem ser obtidos de maneira independente em diversas modalidades da presente descrição ou podem ser combinados em ainda outras modalidades nas quais os detalhes adicionais podem ser observados com referência à descrição e os desenhos a seguir.

Breve Descrição dos Desenhos

[00038] Os novos recursos característicos das modalidades vanta-

josas são estabelecidos nas reivindicações em anexo. Entretanto, as modalidades vantajosas, assim como, um modo preferido de uso, objetivos e vantagens adicionais deste, serão mais bem entendidos com referência à seguinte descrição detalhada de uma modalidade vantajosa da presente descrição quando lida em conjunto com os desenhos em anexo, em que:

[00039] A FIG. 1 é uma ilustração de um diagrama de blocos funcional de um sistema de bexiga não ventilada, de acordo com a modalidade descri-ta.

[00040] A FIG. 2 é uma ilustração de uma vista em perspectiva de uma longarina de resina compósita curada usando o sistema de bexiga não ven-tilada mostrado na FIG. 1.

[00041] A FIG. 3 é uma ilustração de uma vista em perspectiva de uma ferramenta de cura usada na cura de uma carga de longarina compósita.

[00042] A FIG. 4 é uma ilustração similar à FIG. 3, porém, que mostra uma carga de longarina que foi colocada sobre a ferramenta.

[00043] A FIG. 5 é uma ilustração similar à FIG. 4, porém, que mostra uma bexiga inflável que foi colocada dentro da cavidade da carga de longa-rina.

[00044] A FIG. 6 é uma ilustração similar à FIG. 5, porém, que mostra adicionalmente uma carga de revestimento que foi colocada sobre a carga de longarina.

[00045] A FIG. 7 é uma ilustração similar à FIG. 6, porém, que mostra uma placa de coifa que foi instalada ao longo da carga de revestimento.

[00046] A FIG. 8 é uma ilustração similar à FIG. 7, porém, que mostra a fita selante que foi aplicada ao redor da periferida da ferramenta de cura.

[00047] A FIG. 9 é uma ilustração de uma vista em perspectiva de

uma extremidade da ferramenta de cura mostrada na FIG. 8, um reservatório de fluido flexível que foi instalado na ferramenta de cura e acoplado à bexiga flexível.

[00048] A FIG. 10 é uma ilustração de uma vista transversal tomada ao longo da linha 10-10 na FIG. 9, porém, que mostra adicionalmente um saco de vácuo que foi instalado e vedado à ferramenta de cura.

[00049] A FIG. 11 é uma ilustração de uma vista transversal similar à FIG. 10, porém, que mostra uma modalidade alternativa que emprega uma divisória dentro da bexiga, sendo que a bexiga é mostrada em seu estado não pressurizado.

[00050] A FIG. 12 é uma ilustração similar à FIG. 11, porém, que mostra a bexiga que foi pressurizada através da pressão da autoclave aplicada ao reservatório de fluido através do saco de vácuo.

[00051] A FIG. 13 é uma ilustração de uma vista diagramática que mos-tra os volumes de fluido que atingem a carga compósita no caso de um va-zamento no sistema de bexiga não ventilada.

[00052] A FIG. 14 é uma ilustração de um fluxograma de um método de cura em autoclave de uma carga de peça compósita que tem uma cavidade interna que usa um sistema de bexiga não ventilada.

[00053] A FIG. 15 é uma ilustração de um fluxograma de um método al-ternativo de cura em autoclave de uma carga de peça compósita que usa um sistema de bexiga não ventilada.

[00054] A FIG. 16 é uma ilustração de um fluxograma de metodologia de produção e serviço de aeronave.

[00055] A FIG. 17 é uma ilustração de um diagrama de blocos de uma aeronave.

Descrição Detalhada

[00056] Referindo-se primeiro à FIG. 1, uma peça de resina compósita não curada 20, posteriormente referida como uma "carga",

uma "carga com-pósita", uma "carga de peça compósita" ou uma "carga de longarina", é cu-rada em uma ferramenta de cura 22 situada em uma autoclave 26 em que calor e pressão de autoclave são aplicados à carga compósita 20. A carga compósita 20 inclui um ou mais espaços vazios internos, áreas aprisiona-das ou delimitadas, ou cavidades, que para facilidade de descrição, serão coletivamente referidas posteriormente no presente documento como uma cavidade 28. Uma bexiga inflável flexível 30 se situa dentro da cavidade 28 antes de um ciclo de cura, a fim de reagir as pressões da autoclave aplica-das à carga 20 durante a cura. Um reservatório de fluido flexível 32 é mon-tado na ferramenta de cura 22 e é acoplado à bexiga 30 de uma maneira que forme um sistema fechado de bexiga 25 que não seja ventilado até a atmosfera dentro da autoclave 26. Em outras palavras, a bexiga 30 e o re-servatório de fluido 32 formam um sistema de fluido fechado que não é dire-tamente exposto à atmosfera interna da autoclave 26. Um saco flexível, tal como, um saco de vácuo 24, é colocado ao longo e vedado à ferramenta de cura 22, que cobre a carga compósita 20, a bexiga 30 e o reservatório de fluido 32. O saco flexível 24 é adaptado para ser acoplado a uma fonte de vácuo adequada 64 para evacuar o saco flexível 24. Durante a cura, a bexi-ga 30 é pressurizada usando um fluido substancialmente não compressível (não mostrado) fornecido a partir do reservatório de fluido 32.

[00057] Conforme será discutido em mais detalhes abaixo, devido ao fa-to de tanto a bexiga 30 como o reservatório de fluido 32 se situarem embaixo do saco de vácuo 24, a bexiga 30 não é ventilada até a atmosfera interna da autoclave 26, isto é, a bexiga 30 é não ventilada. De preferência, a combi-nação da bexiga 30 e do reservatório de fluido 32 forma um sistema de be-xiga não ventilada fechado 25 que é controlado pela pressão de ar da auto-clave exercida

no saco de vácuo 24. De maneira opcional, a bexiga 30 pode incluir uma divisória interna 35 que separa substancialmente o volume interno total da bexiga 30 do fluido fornecido a partir do reservatório de fluido 32. A redução da pressão dentro do reservatório de fluido 32 permite que a bexiga 30 sofra um colapso ligeiramente parcial impedindo, deste modo, que a bexiga 30 se torne "travada" na carga compósita 20 e facilite a remo-ção fácil da bexiga 30 da carga compósita curada 20.

[00058] Referindo-se agora à FIG. 2, o sistema de bexiga não ventilada e o método de cura descritos podem ser empregados para curar qualquer uma entre uma variedade de peças de resina compósita de diversas geome-trias, que tem uma ou mais cavidades internas. Por exemplo, e sem limita-ção, o sistema e método descritos podem ser usados na fabricação de uma longarina de resina compósita reforçada com fibra 23, que pode compreen-der uma bandeja multicamadas de pré-impregnado. A longarina 23 inclui um perfilado reforçador 27 que forma uma cavidade interna 31, um par de seções de flange que se estende lateralmente 29 e uma seção de revesti-mento substancialmente plana 33 que é consolidada junto com as seções de flange 29 durante a cura. Outras geometrias de longarina são possíveis.

[00059] As FIGS. 3 a 10 ilustram respectivamente os sucessivos está-gios na preparação do aparelho mostrado na FIG. 1 para cura da longarina 23 mostrada na FIG. 2. Referindo-se particularmente à FIG. 3, uma ferra-menta de cura 22 produzida a partir de qualquer material adequado inclui uma cavidade interna 28 que define uma face de ferramenta de perfilado reforçador 32, e um par de faces de ferramenta de seção de flange que se estende lateralmente 34. As faces de ferramenta 32, 34 são configuradas para combinar respectivamente a geometria do perfilado reforçador e seções de

flange 27, 29, respectivamente, da longarina 23. A ferramenta de cura 22 tem uma superfície de ferramenta superior substancialmente plana 36 que circunda a cavidade interna 28, uma superfície chanfrada 38 em uma ex-tremidade da cavidade 28, e uma seção de extremidade substancialmente plana 40. Uma extremidade da cavidade interna 28 é aberta em 42. Confor-me será discutido abaixo, a ferramenta de cura 22 pode ser usada para montar as cargas de longarina compósita, e curar as cargas montadas den-tro de uma autoclave 26 (FIG. 1). Embora a ferramenta de cura ilustrada 22 tenha uma geometria que seja adaptada para combinar os recursos da lon-garina 23, deve-se notar que o sistema de bexiga não ventilada descrito 25 pode ser usado com as ferramentas de cura que têm qualquer uma de di-versas outras geometrias, dependendo da aplicação e da carga de peça compósita particular a ser curada.

[00060] Referindo-se à FIG. 4, uma carga de longarina compósita 20 é colocada na ferramenta de cura 22. A carga de longarina 20 compreende uma cobertura 20a que preenche a cavidade 28 e engata a face de ferra-menta 32 (FIG. 3), e um par de flanges que se estendem lateralmente 20b, que engatam respectivamente as faces de ferramenta 34. A carga de longa-rina 20 pode ser depositada em uma ferramenta de bandeja separada (não mostrada) e, então, transferida para a ferramenta de cura 22, ou de maneira alternativa, dependendo da geometria da carga de peça, é possível deposi-tar a longarina diretamente na ferramenta de cura 22.

[00061] Referindo-se agora à FIG. 5, após a carga de longarina 20 ter si-do colocada na ferramenta de cura 22, uma bexiga flexível 30 é colocada dentro da cavidade 28 (FIG. 4) da carga de longarina 20 a fim de reagir as pressões da autoclave que são aplicadas durante um ciclo de cura. A bexi-ga 30 pode ser formada de qualquer material adequado tal como, por exem-plo, e sem limitação, um elastômero.

Um agente de liberação pode ser apli-cado à bexiga 30 antes de ser instalada para facilitar a remoção posterior da bexiga da cavidade 28 seguindo a cura. A bexiga 30 inclui um orifício de ventilação de bexiga 44 que é adaptado para ser acoplado ao reservatório de fluido 32 mostrado na FIG. 1, conforme será discutido abaixo. Neste exemplo, a bexiga 30 é configurada para combinar substancialmente a ge-ometria da cavidade 28 e tem uma superfície superior substancialmente plana 30a que é substancialmente alinhada às superfícies de ferramenta planas 36 da ferramenta de cura 22.

[00062] Referindo-se agora à FIG. 6, após a bexiga 30 ter sido instalada, conforme mostrado na FIG. 5, uma carga de revestimento compósita subs-tancialmente plana 46 é colocada na ferramenta de cura 22, sobrepondo a bexiga 30 e em contato face a face com os flanges 20b (FIG. 5) da carga de longarina 20 e das superfícies de ferramenta planas 36. A seguir, conforme mostrado na FIG. 7, uma placa de coifa 48 pode ser instalada ao longo da carga de revestimento compósita plana 46, a fim de aplicar a pressão subs-tancialmente uniforme ao longo da carga de revestimento 46 durante um processo de cura. Também, embora não mostrado na FIG. 7, peel plies, fil-mes de liberação e/ou respiradores ou outros componentes podem ser insta-lados junto com a placa de coifa 48, dependendo da aplicação. Conforme mostrado na FIG. 8, uma fita selante adequada 50 ou outro vedante ade-quado é aplicado ao perímetro da ferramenta de cura 22 em preparação para o ensacamento a vácuo da ferramenta 22. Neste ponto, uma base de sonda de vácuo 52 pode ser aplicada à seção de extremidade plana 40 da ferra-menta de cura 22.

[00063] A seguir, conforme mostrado na FIG. 9, um reservatório de fluido flexível 32 é conectado à bexiga 30, de modo que a bexiga 30 e o reservató-rio de fluido 32 possam ser instalados e removidos como uma única monta-gem, se desejado. O reservatório de fluido 32 é

acoplado ao orifício de venti-lação 44 (FIG. 8) na bexiga 30 e é suportado na superfície chanfrada 38 da ferramenta de cura 22 quando a bexiga 30 estiver no lugar dentro da cavi-dade de carga compósita 28. O reservatório de fluido 32 pode ser permanen-temente conectado e vedado à bexiga 30 livrando-se, deste modo, da ne-cessidade de reconectar a bexiga 30 a uma fonte de pressão toda vez que a bexiga 30 for instalada em uma carga compósita 20 em preparação para um processo de cura. Esta disposição também elimina a necessidade de colo-car um selante ao redor do orifício de ventilação 44 toda vez que a bexiga for instalada em uma carga compósita 20. O reservatório de fluido 32 pode ser fabricado a partir de qualquer material adequado, tal como, sem limita-ção, um elastômero. Uma sonda de vácuo 54 é montada na base de sonda de vácuo 52, e é adaptada para ser acoplada a uma fonte de vácuo (não mostrada) para evacuar o saco de vácuo 24 durante um ciclo de cura.

[00064] Referindo-se agora à FIG. 10, o reservatório de fluido 32 pode ter um formato em corte transversal geralmente retangular ou quadrado com lados 32a que são flexíveis e podem se deformar plasticamente para dentro, conforme mostrado pelas linhas tracejadas 32b quando a pressão externa for aplicada ao reservatório de fluido 32. Uma porção 32b do reservatório de fluido 32 é conectada em contato face a face a uma extremidade da bexiga 30 e inclui uma saída de fluido 41 que é alinhada e acoplada ao orifício de ventilação 44 na bexiga 30, permitindo que o fluido flua entre o reservatório de fluido 32 e a bexiga 30. Em outras modalidades, o reservatório de fluido 32 pode ter um formato diferente, e pode ser ou não conectado à bexiga 30. Seguindo a instalação do reservatório de fluido 32 mostrado na FIG. 9, o saco flexível 24, algumas vezes referido como um saco de vácuo 24, forma-do por qualquer material adequado, tal como, poliéster ou nylon, é instalado ao longo da ferramenta 22, cobrindo o

reservatório de fluido 32, as cargas de longarina 20, 46 e a bexiga 30. O saco de vácuo 24 fica em contato face a face com o reservatório de fluido 32. O saco de vácuo 24 é vedado à peri-feria da ferramenta de cura 22 e ao redor da sonda de vácuo 54 usando a fita selante 50 ou outros selantes adequados. A evacuação do saco de vá-cuo 24 baixa o saco de vácuo 24 em contato face a face com os lados do reservatório de fluido 32, permitindo que a pressão da autoclave PA seja aplicada ao reservatório de fluido 32.

[00065] De maneira opcional, o reservatório de fluido 32 pode incluir uma porta de vácuo 60 que é adaptada para ser acoplada a uma fonte de vácuo (não mostrada) após o saco de vácuo 24 ter sido removido seguindo um ciclo de cura. A porta de vácuo 60 é fechada e vedada embaixo do saco de vácuo 24 durante a cura, porém, inclui uma válvula ou outro dispositivo (não mostrado) que permite a conexão do volume interno 56 do reservatório de fluido 32 à fonte de vácuo após a cura ser concluída e o saco de vácuo ter sido removido. O acoplamento do reservatório de fluido 32 à fonte de vá-cuo, desta maneira, alivia a pressão de fluido dentro do reservatório de flui-do 32 que, por sua vez, reduz a pressão dentro da bexiga 30, permitindo que a bexiga 30 esvazie ou entre ligeiramente em colapso. O esvaziamento da bexiga 30, desta maneira, reduz a dimensão em corte transversal máxima (não mostrada) da bexiga 30 em uma quantidade que é suficiente para per-mitir que a bexiga 30 seja removida da longarina curada.

[00066] Durante uma cura realizada dentro de uma autoclave, a pressão da autoclave PA força o saco de vácuo 24 contra a ferramenta de cura 22 compactando, deste modo, a carga compósita 20 enquanto também aplica pressão ao reservatório de fluido 32. A pressão da autoclave PA aplicada ao reservatório de fluido 32 faz com que o fluido flua 45 a partir do volume in-terno 56 do reservatório de fluido 32

através do orifício de ventilação de be-xiga 44 para dentro da bexiga 30 pressurizando, deste modo, internamente a bexiga 30. Esta pressurização da bexiga 30 faz com que uma força 55 seja aplicada à carga compósita 20 que reage a pressão da autoclave PA aplica-da à carga compósita 20. Quando a cura for concluída, a pressão da auto-clave PA é removida do saco de vácuo 22 e, deste modo, é removida do re-servatório de fluido 32. A redução resultante na pressão de fluido dentro do reservatório de fluido 32 permite que o fluido flua a partir da bexiga 58 atra-vés do orifício de ventilação 44 de volta para o reservatório de fluido 32.

[00067] Conforme previamente discutido, o reservatório de fluido 32 po-de ser permanentemente vedado à bexiga 30 se livrando, deste modo, da necessidade de colocar um selante ao redor do orifício de ventilação 44 (FIG. 8) toda vez que a bexiga 30 for instalada em uma carga compósita 20. A vedação permanente do reservatório de fluido 32 à bexiga 30, portanto, pode eliminar o vazamento ao redor do orifício de ventilação 44 para dentro da carga compósita 20. No caso de um vazamento na bexiga 30 ou no re-servatório de fluido 32, o vazamento de fluido para dentro da carga compósi-ta 20 é limitado ao volume total da bexiga 30 e do reservatório de fluido 32, uma vez que o sistema de bexiga 25 (FIG. 1) é um sistema fechado e não permite que o ar da autoclave entre na cavidade de carga compósita 28 (FIG. 4).

[00068] Uma modalidade alternativa do sistema de bexiga não ventilada descrito é mostrada nas FIGS. 11 e 12. Nesta modalidade, a bexiga 30 inclui uma divisória interna 35 que separa a câmara interior 65 da bexiga 30 do fluido fornecido pelo reservatório de fluido 32. A divisória 35 é produzida de um material flexível e pode ser formada integral à bexiga 30. A câmara de bexiga 65 é preenchida com um material de preenchimento fluxível 66 que tem um CTE (coeficiente de expansão térmica) relativamente baixo e uma densidade selecionada

para dotar a bexiga 30 com um nível desejado de rigidez. Um lado 75 da divisória 35 é exposto ao fluido fornecido pelo reser-vatório de fluido 32. O fluido a partir do reservatório 56, que é forçado contra a bexiga 30 através da pressão da autoclave PA, exerce a pressão de fluido PF (FIG. 12) contra a divisória 35, fazendo com que a divisória 35 flexione para dentro até a posição 35a mostrada na FIG. 12 pressurizando, deste modo, o material de preenchimento 66. A pressurização do material de pre-enchimento 66 resulta em uma pressão para fora 68 que é exercida contra a carga compósita 20.

[00069] Referindo-se agora à FIG. 13, no caso de um vazamento no sis-tema de bexiga não ventilada 25 descrito acima, o volume de ar dentro da autoclave 26 (FIG. 1) não atinge a carga compósita 20, porque o sistema de bexiga 25 é vedado embaixo do saco de vácuo 24. De preferência, a quanti-dade total de fluido que atinge possivelmente a carga compósita 20 no caso de um vazamento da bexiga 30 ou do reservatório de fluido 32 (FIGS. 10-12) é limitada ao volume interior do reservatório de fluido 56 mais o volume da câmara de bexiga 65.

[00070] A atenção é voltada agora à FIG. 14 que ilustra ampla-mente as etapas de um método para cura em autoclave que usa o sistema de bexiga não ventilada 25 descrito acima. Começando na etapa 70, uma carga de resina compósita 20 é colocada em uma ferramenta adequada, que pode ser uma ferramenta de cura. Em 72, uma bexiga inflável flexível 30 é insta-lada em uma cavidade interna 28 da carga 20. Em 74, a bexiga flexível 30 é acoplada a um reservatório de fluido flexível 32 que contém uma quantida-de de fluido. Em 76, a carga compósita 20 junto com o reservatório de fluido 32 é coberta com um saco flexível 24, tal como, um saco de vácuo que, en-tão, é vedado à ferramenta de cura 22. Em 78, a pressão da autoclave PA é aplicada ao saco 24, a fim de comprimir o reservatório

de fluido 32 e forçar o fluido a partir do reservatório 32 para dentro da bexiga 30 pressurizando, deste modo, a bexiga 30 para reagir as forças aplicadas à carga compósita 20 através da pressão da autoclave. De maneira opcional, na etapa 80, uma divisória interna 35 dentro da bexiga 30 pode ser empregada para transmitir a pressão para a bexiga 30 usando a pressão de fluido gerada pelo reserva-tório de fluido 32. Também, de maneira opcional, na etapa 82, seguindo a cura e a remoção do saco de vácuo 24, a pressão dentro do reservatório de fluido 32 pode ser aliviada para auxiliar na remoção da bexiga, acoplando-se o reservatório de fluido 32 a uma fonte de vácuo adequada.

[00071] Um método alternativo de cura de uma carga de peça compósita 20 é mostrado na FIG. 15. Em 84, uma carga de peça compósita 20 é colo-cada em uma ferramenta 22, e em 86, uma bexiga 30 é instalada em uma cavidade 28 da carga de peça compósita 20. A bexiga 60 é acoplada a um reservatório de fluido 32 na etapa 88. A seguir, conforme mostrado na etapa 90, um saco flexível 24 é vedado ao longo da carga de peça compósita 20 e do reservatório de fluido 32. Na etapa 92, o saco flexível 24 é usado para transmitir a pressão da autoclave para o reservatório de fluido 32 para forçar o fluido a partir do reservatório 32 para dentro da bexiga 60.

[00072] As modalidades da descrição podem encontrar uso em uma va-riedade de aplicações potenciais, particularmente, na indústria de transpor-te, que incluem, por exemplo, aplicações aeroespaciais, marítimas, automo-tivas e outras aplicações onde a cura em autoclave de peças compósitas possa ser usada. Deste modo, referindo-se agora às FIGS. 16 e 17, as mo-dalidades da descrição podem ser usadas no contexto de um método de fabricação e serviço de aeronave 94, conforme mostrado na FIG. 16 e uma aeronave 96, conforme mostrado na FIG. 16. As aplicações de aeronave das

modalidades descritas podem incluir, por exemplo, sem limitação, a cura de elementos mais rígidos, tais como, sem limitação, vigas, longerões e longa-rinas, para citar apenas alguns. Durante a pré-produção, o método exempli-ficativo 94 pode incluir a especificação e o projeto 98 da aeronave 96 e a aquisição de material 100. Durante a produção, a fabricação de componente e submontagem 102 e a integração de sistema 104 da aeronave 96 ocorrem. Posteriormente, a aeronave 96 pode passar por certificação e entrega 96 a fim de ser colocada em serviço 108. Enquanto em serviço por um cliente, a aeronave 96 é programada para manutenção e serviço de rotina 110, que também podem incluir modificação, reconfiguração, restauração, e assim por diante.

[00073] Cada um dos processos do método 94 pode ser executado ou realizado por um integrador de sistema, terceiros e/ou um operador (por exemplo, um cliente). Para os propósitos desta descrição, um integrador de sistema pode incluir sem limitação qualquer número de fabricantes de ae-ronave e subcontratantes de sistema principais; terceiros podem incluir, sem limitação, qualquer número de vendedores, subcontratantes e fornecedores; e um operador pode ser uma companhia aérea, empresa de leasing, entida-de militar, organização de serviços, e assim por diante.

[00074] Conforme mostrado na FIG. 17, a aeronave 96 produzida pelo método exemplificativo 94 pode incluir uma estrutura de avião 112 com uma pluralidade de sistemas 114 e um interior 116. Os exemplos de sistemas de alto nível 114 incluem um ou mais entre um sistema de propulsão 18, um sistema elétrico 120, um sistema hidráulico 122 e um sistema ambiental 124. Qualquer número de outros sistemas pode ser incluído. Embora um exem-plo aeroespacial seja mostrado, os princípios da descrição podem ser apli-cados a outras indústrias, tais como, as indústrias marítimas e automotivas.

[00075] Os sistemas e os métodos incorporados no presente documento podem ser empregados durante qualquer um ou mais dos estágios do mé-todo de produção e serviço 94. Por exemplo, os componentes ou submonta-gens que correspondem ao processo de produção 102 podem ser fabrica-dos ou manufaturados de uma maneira similar aos componentes ou sub-montagens produzidos enquanto a aeronave 96 se encontra em serviço. Também, uma ou mais modalidades de aparelho, modalidades de método, ou uma combinação destas podem ser utilizadas durante os estágios de produção 102 e 104, por exemplo, promovendo-se substancialmente a mon-tagem ou a redução do custo de uma aeronave 96. De maneira similar, uma ou mais modalidades de aparelho, modalidades de método, ou uma combi-nação destas podem ser utilizadas enquanto a aeronave 96 se encontra em serviço, por exemplo, e sem limitação, em manutenção e serviço 110.

[00076] A descrição das diferentes modalidades vantajosas foi apresen-tada para propósitos de ilustração e descrição, e não se destina a ser exaus-tiva ou limitada às modalidades na forma descrita. Muitas modificações e variações serão aparentes para aqueles versados na técnica. Ademais, dife-rentes modalidades vantajosas podem proporcionar diferentes vantagens quando comparadas a outras modalidades vantajosas. A modalidade ou as modalidades selecionadas são escolhidas e descritas a fim de explicar me-lhor os princípios das modalidades, a aplicação prática, e permitir que outros versados na técnica entendam a descrição para diversas modalidades com diversas modificações, à medida que são adequadas ao uso particular con-templado.

REIVINDICAÇÕES

1. Aparelho para uso na cura em autoclave (26) de uma carga compósita (20) que tem uma cavidade interna (28), **caracterizado pelo fato de que** compreende:

uma bexiga flexível (30) adaptada para ser colocada na cavidade para aplicar pressão sobre a carga compósita (20) durante a cura;

um reservatório de fluido (32) para pressurizar a bexiga (30), o reservatório (32) e a bexiga (30) sendo acoplados entre si em um sistema fechado (25); e

um saco flexível (24) vedado ao longo da bexiga flexível (30) e do reservatório de fluido (32) em que o saco flexível (24) está em contato frente a frente com o reservatório de fluido (32).

2. Aparelho, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado pelo fato de que** o saco flexível (24) transmite pressão a partir da autoclave (26) até o reservatório de fluido (32).

3. Aparelho, de acordo com a reivindicação 1 ou 2, **caracterizado pelo fato de que** compreende ainda:

uma ferramenta de cura (22) adaptada para ter a carga compósita (20) situada nesta, e

em que o reservatório de fluido (32) se situa na ferramenta (22) de cura (22) e o saco flexível (24) é vedado à ferramenta (22) curada.

4. Aparelho, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 3, **caracterizado pelo fato de que** o reservatório de fluido (32) é flexível.

5. Aparelho, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 4, **caracterizado pelo fato de que**:

a bexiga (30) inclui um orifício de ventilação (44), e

uma porção (32) do reservatório de fluido (32) é conectada à

bexiga (30) e inclui uma saída de fluido (41) acoplada ao orifício de ventilação na bexiga (30).

6. Aparelho, de acordo com qualquer uma das reivindicações anteriores, **caracterizado pelo fato de que** o reservatório (32) inclui uma porta de vácuo (60) adaptada para ser acoplada a uma fonte de vácuo (64) para aliviar seletivamente a pressão dentro do reservatório de fluido (32).

7. Aparelho, de acordo com qualquer uma das reivindicações anteriores, **caracterizado pelo fato de que** a bexiga (30) inclui:

uma divisória (35) que forma uma câmara interior (65) dentro da bexiga (30), e

um material de preenchimento (66) que preenche a câmara interior (65) e que tem uma densidade que é suficiente para endurecer a bexiga (30) quando a bexiga (30) for pressurizada pelo fluido a partir do reservatório de fluido (32).

8. Aparelho, de acordo com a reivindicação 7, **caracterizado pelo fato de que**:

a divisória (35) inclui um lado flexível que é exposto ao fluido a partir do fluido do reservatório de fluido (32), e

o lado flexível flexiona para aplicar a pressão ao material de preenchimento (66) quando o reservatório de fluido (32) pressurizar a bexiga (30).

9. Método de cura em autoclave (26) de uma carga compósita (20) que tem uma cavidade interna (28), **caracterizado pelo fato de que** compreende:

colocar (70) a carga compósita (20) em uma ferramenta (22);

instalar (72) uma bexiga (30) dentro da cavidade;

acoplar (74) a bexiga (30) a um reservatório de fluido (32);

vedar (76) um saco flexível (24) ao longo da carga compósita (20) e do reservatório (32) em contato frente a frente com o reservatório

de fluido (32); e

usar (78) o saco flexível (24) para transmitir a pressão da autoclave (26) para o reservatório (32) para forçar o fluido a partir do reservatório (32) para dentro da bexiga (30).

10. Método, de acordo com a reivindicação 9, **caracterizado pelo fato de que** o acoplamento (74) da bexiga (30) ao reservatório (32) inclui conectar a bexiga (30) ao reservatório (32) antes de a bexiga (30) ser instalada na cavidade.

11. Método, de acordo com a reivindicação 9 ou 10, **caracterizado pelo fato de que** vedar (76) o saco (24) inclui vedar o saco (24) à ferramenta (22).

12. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações 9 a 11, **caracterizado pelo fato de que** compreende ainda:

endurecer a bexiga (30) preenchendo-se a bexiga (30) com um material de preenchimento (66), e

separar o material de preenchimento (66) do fluido colocando-se (80) uma divisória (35) na bexiga (30).

13. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações 9 a 12, **caracterizado pelo fato de que** compreende ainda:

usar um vácuo para extrair o saco flexível (24) para baixo contra os lados do reservatório (32).

14. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações 9 a 13, **caracterizado pelo fato de que** compreende ainda:

remover o saco flexível (24) da carga compósita (20) e do reservatório (32) após a carga compósita (20) ter sido curada; e

aliviar a pressão dentro da bexiga (30) carregando-se o reservatório (32) até uma fonte de vácuo (64) após o saco flexível (24) ter sido removido (82).

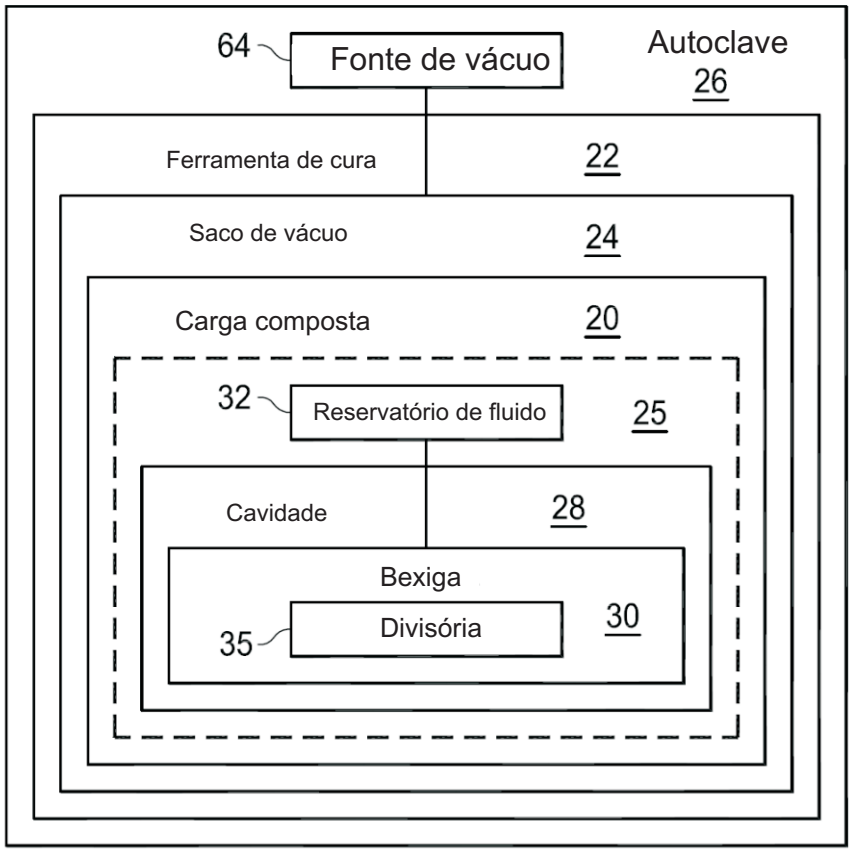

64
Fonte de vácuo
Autoclave
26
Ferramenta de cura
22
Saco de vácuo
24
Carga composta
20
32
Reservatório de fluido
25
Cavidade
28
Bexiga
35
Divisória
30

FIG. 1

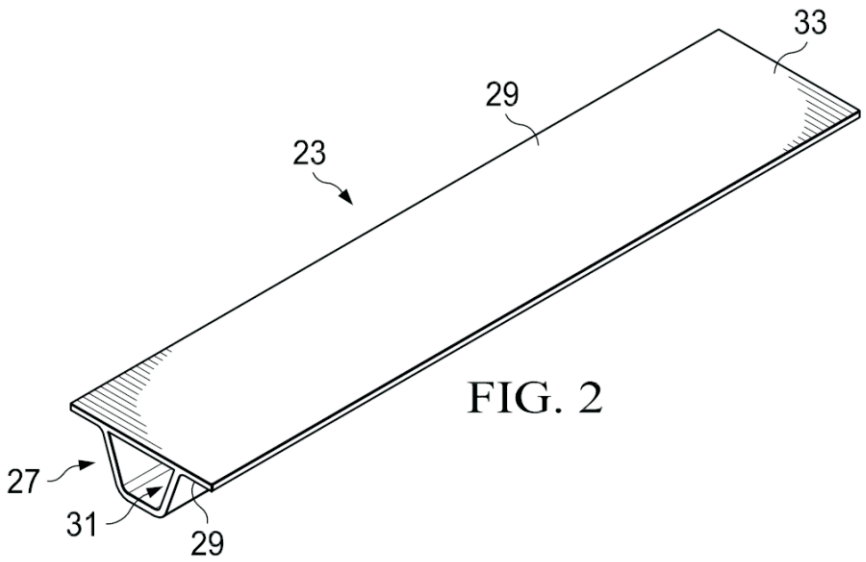

33
29
23
27
31
29

FIG. 2

FIG. 3

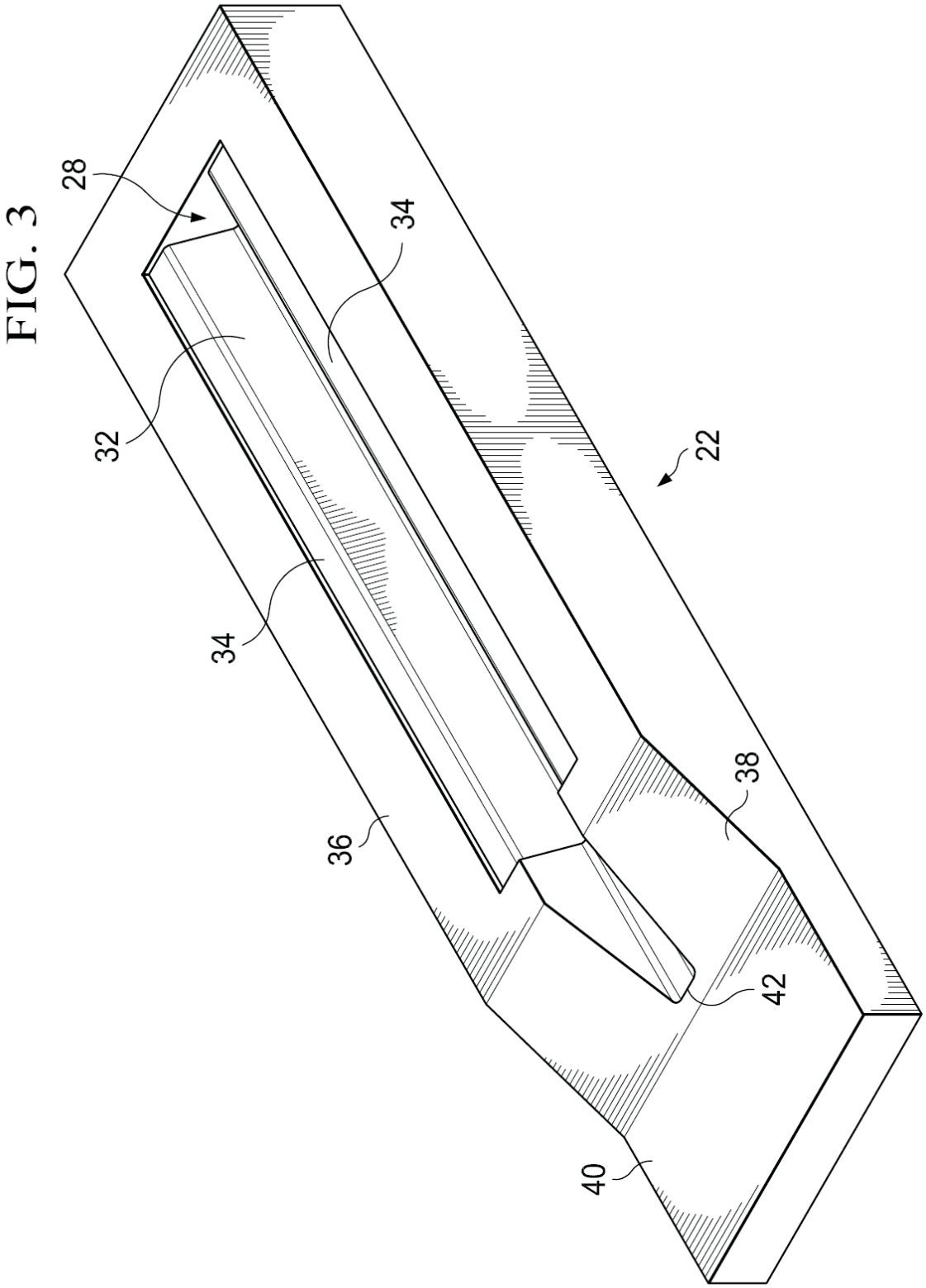


FIG. 4

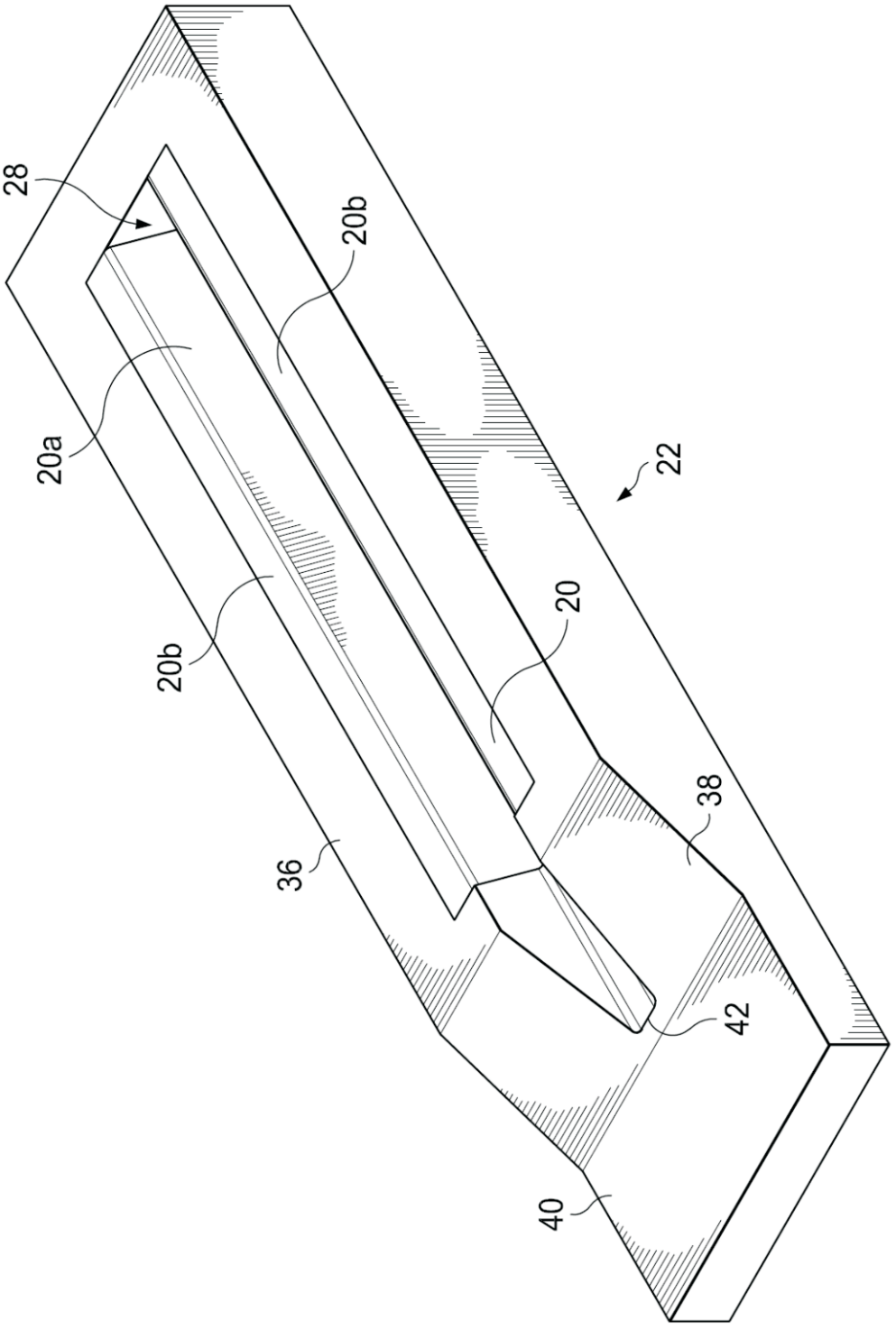


FIG. 5

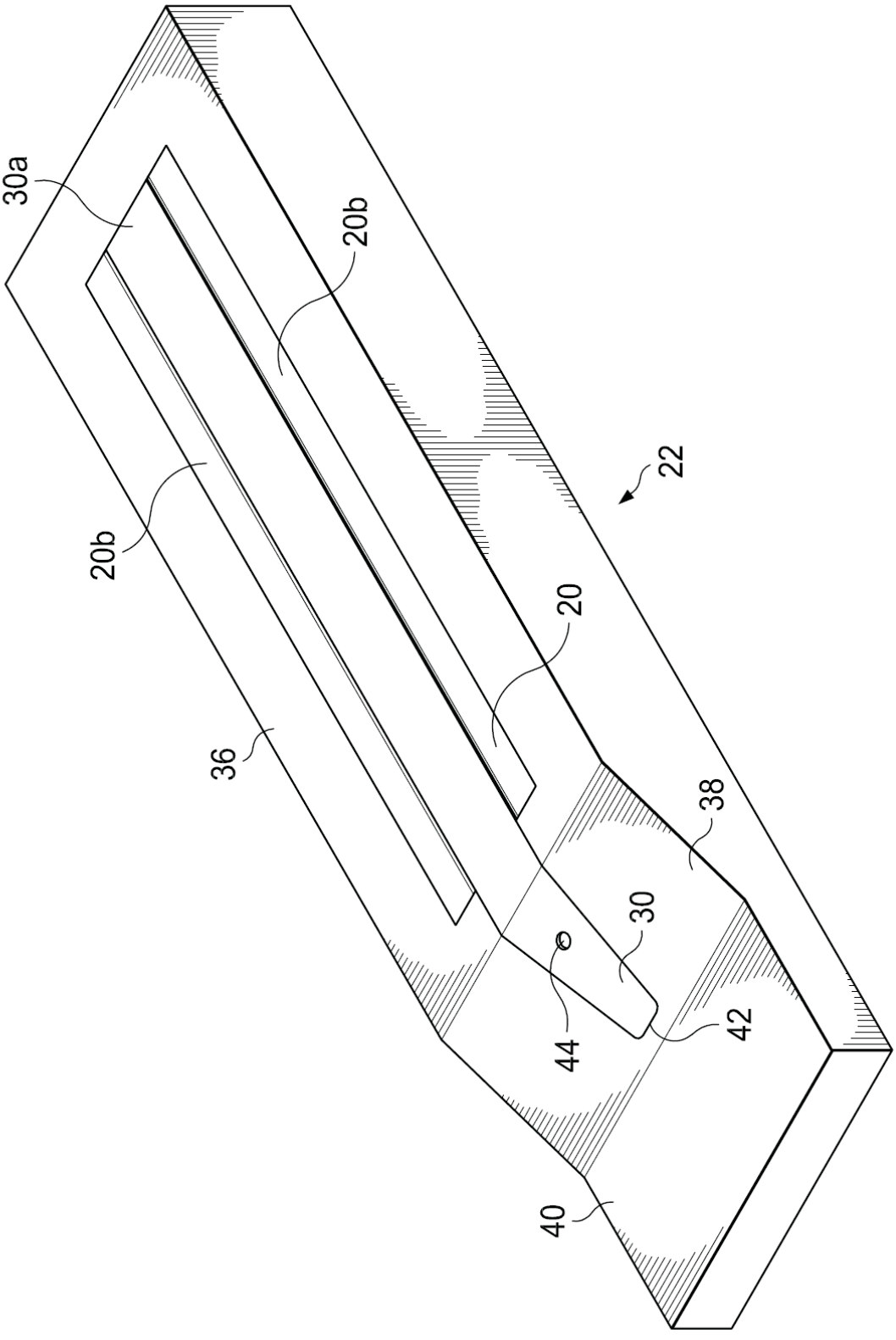


FIG. 6

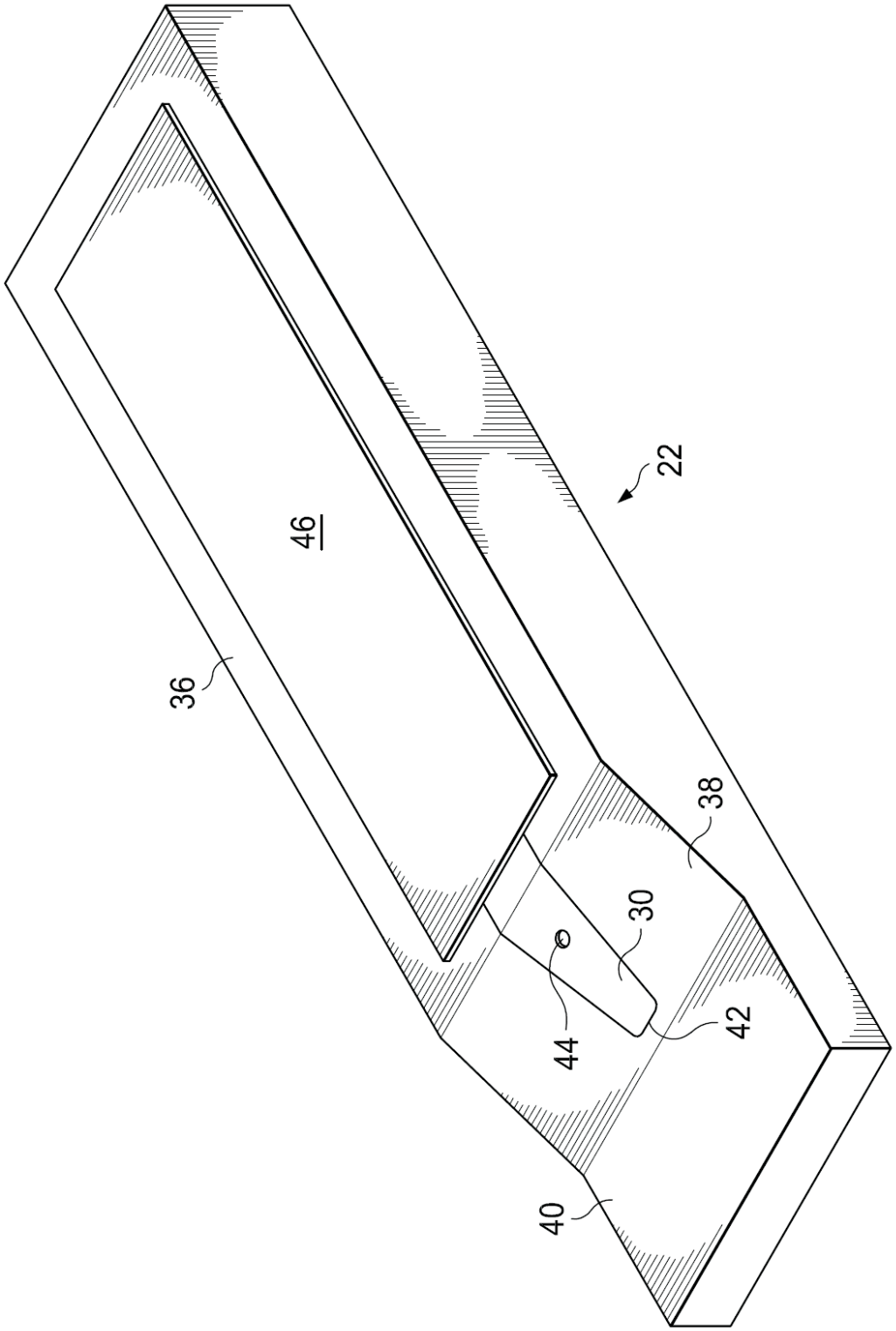


FIG. 7

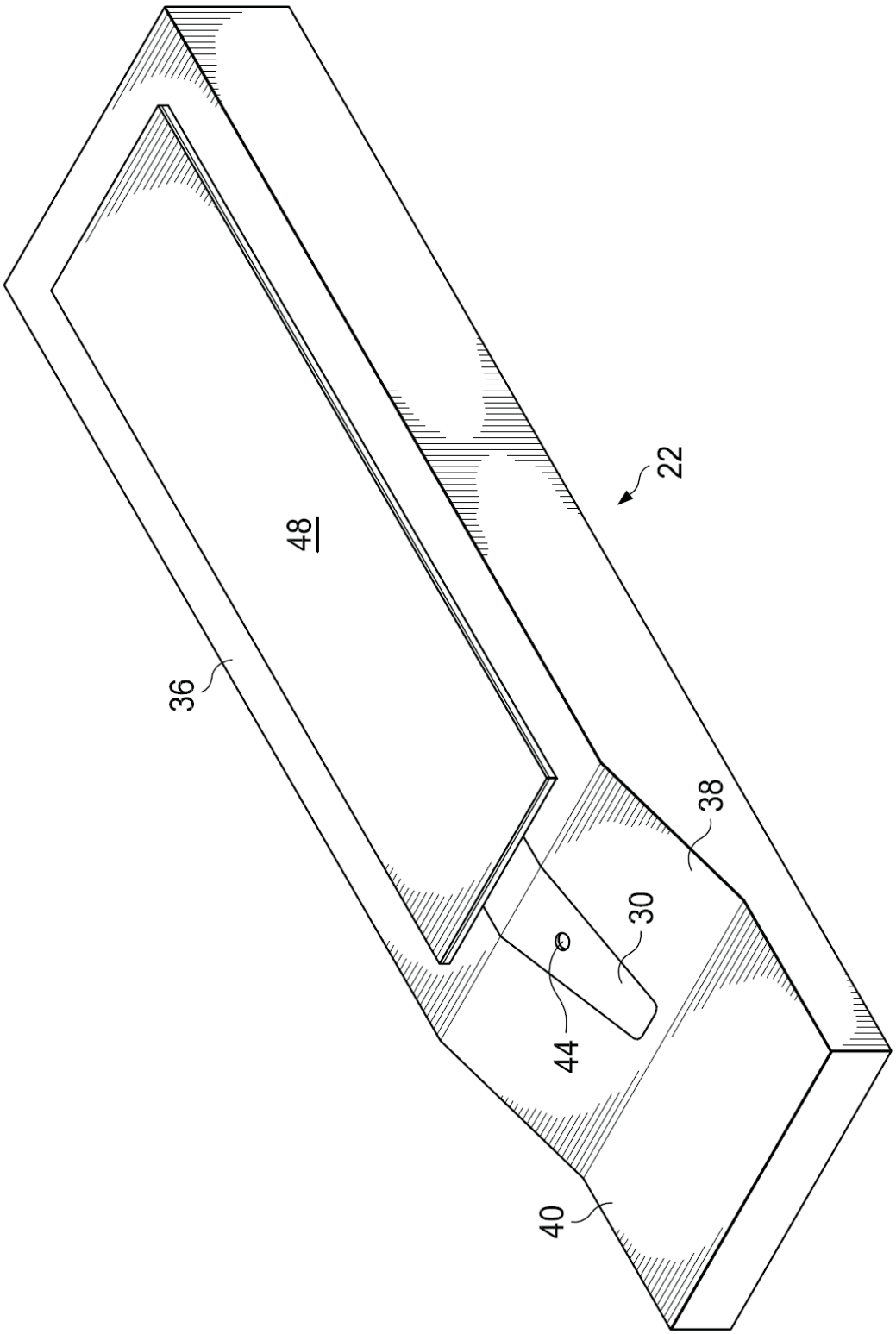


FIG. 8

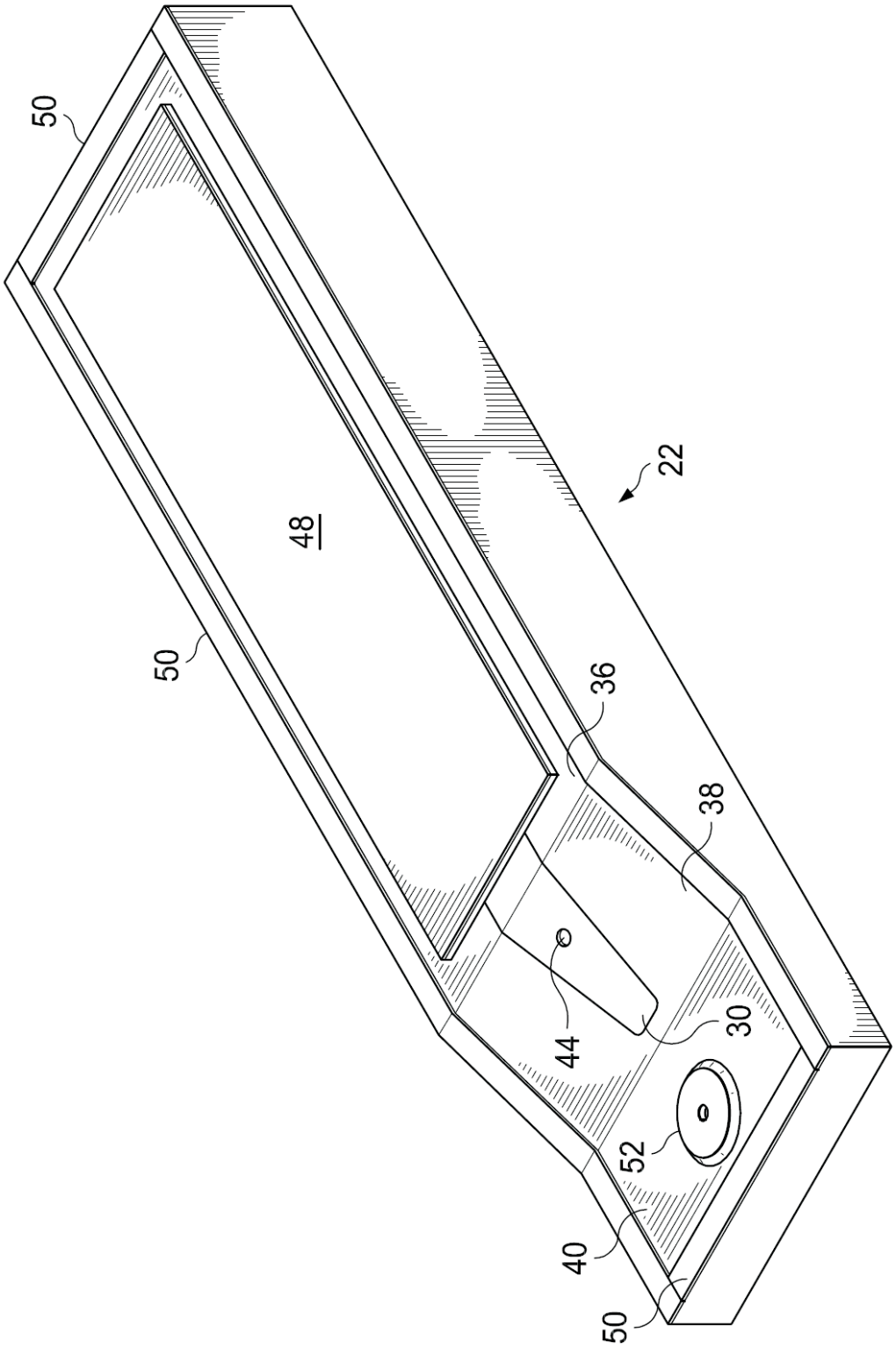
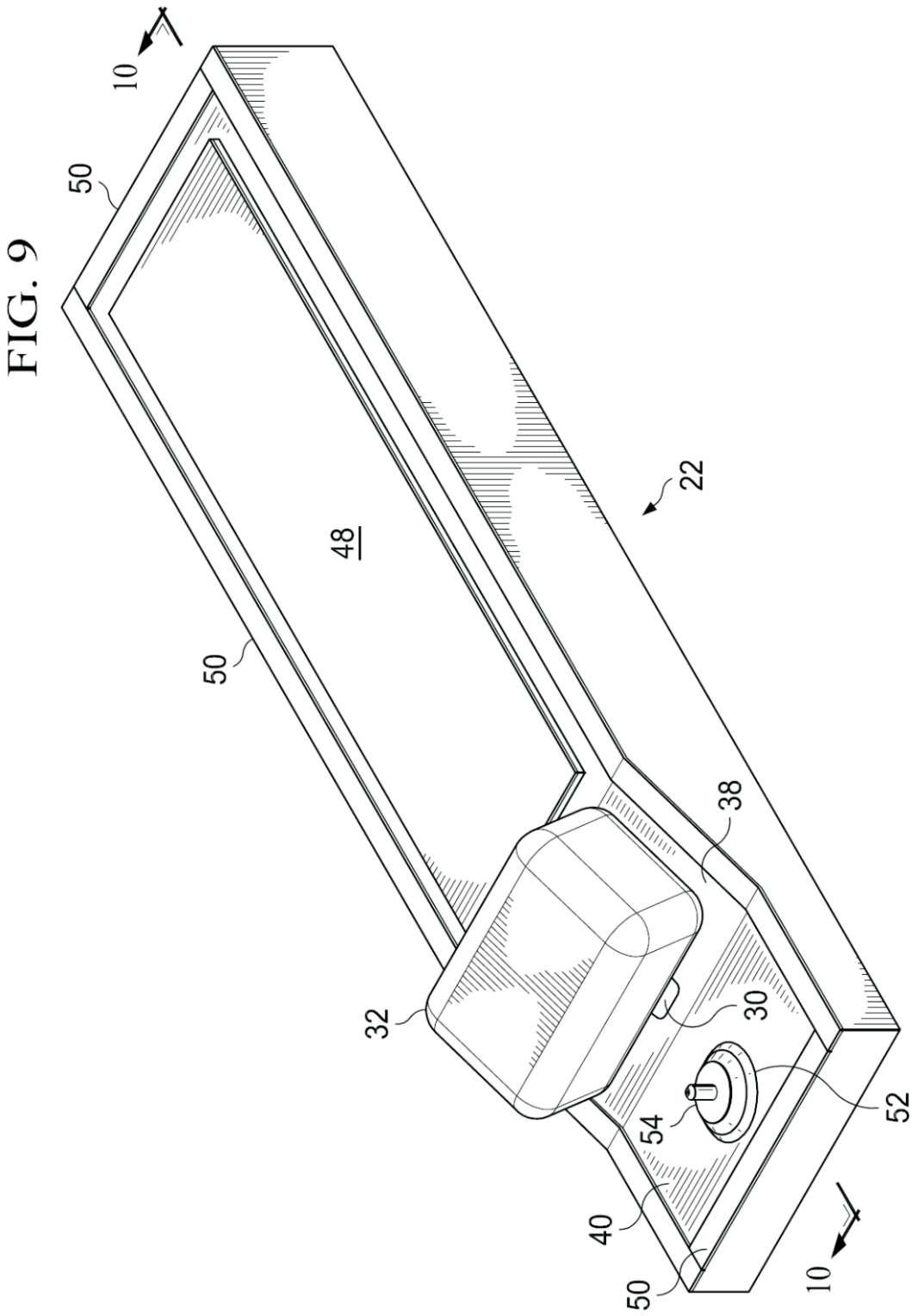


FIG. 9



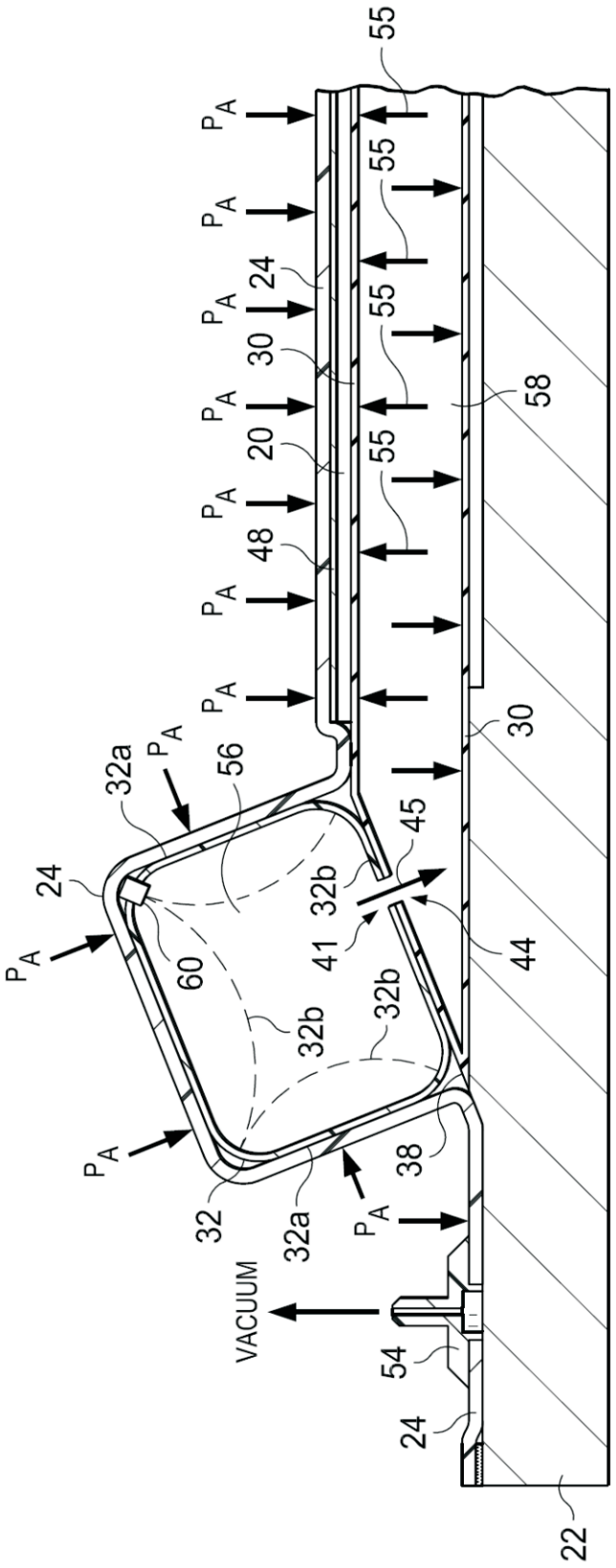


FIG. 10

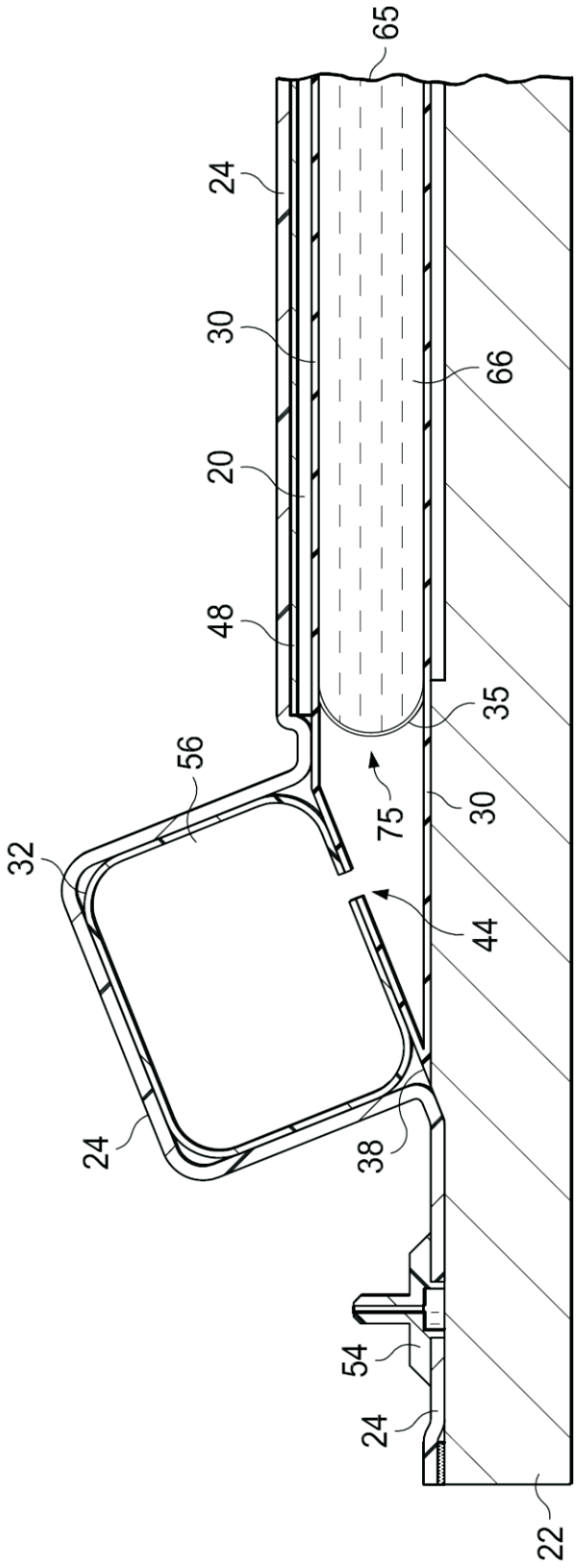


FIG. 11

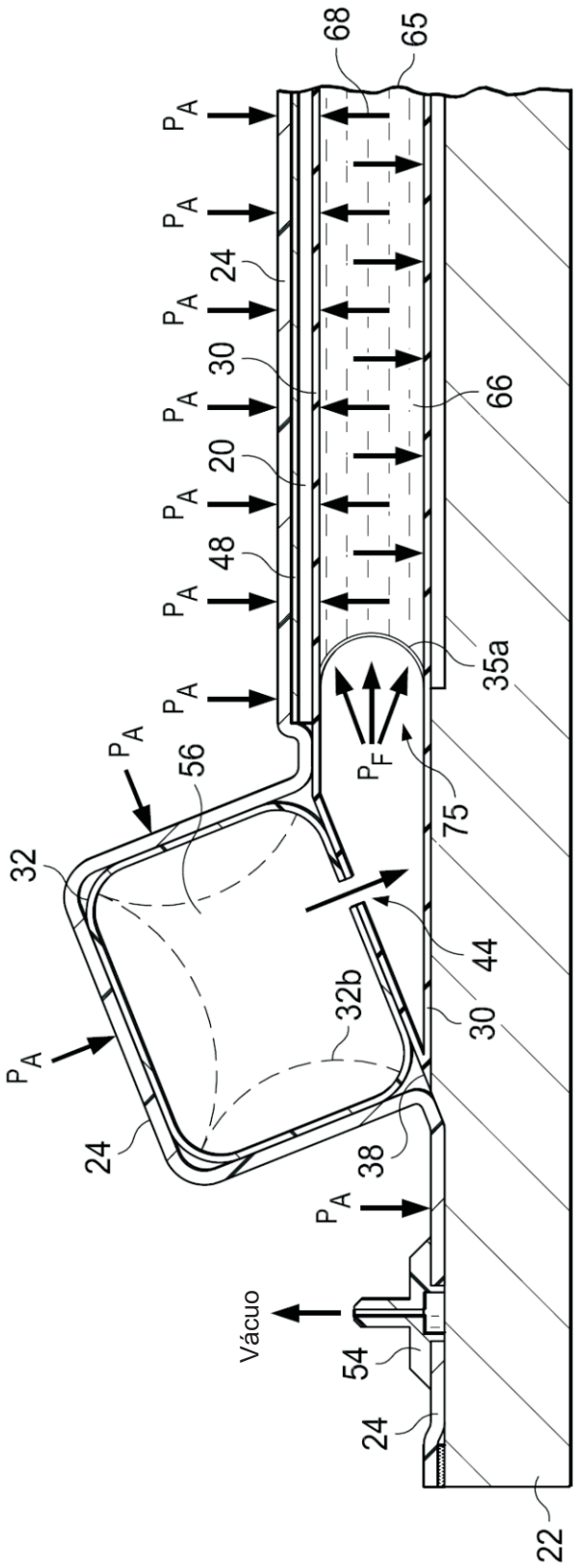


FIG. 12

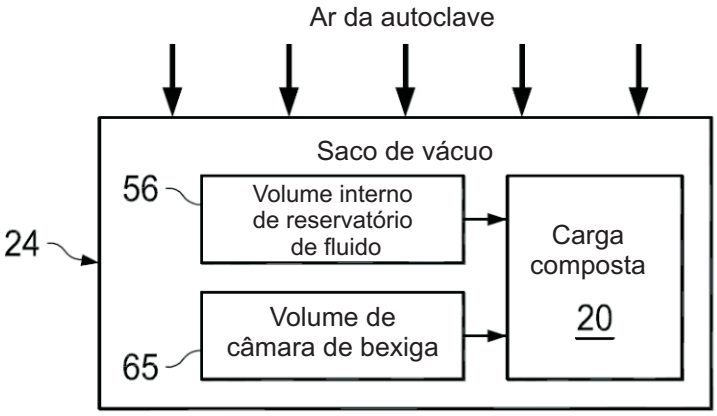

Ar da autoclave
Saco de vácuo
56
Volume interno de reservatório de fluido
24
Carga composta
20
Volume de câmara de bexiga
65

FIG. 13

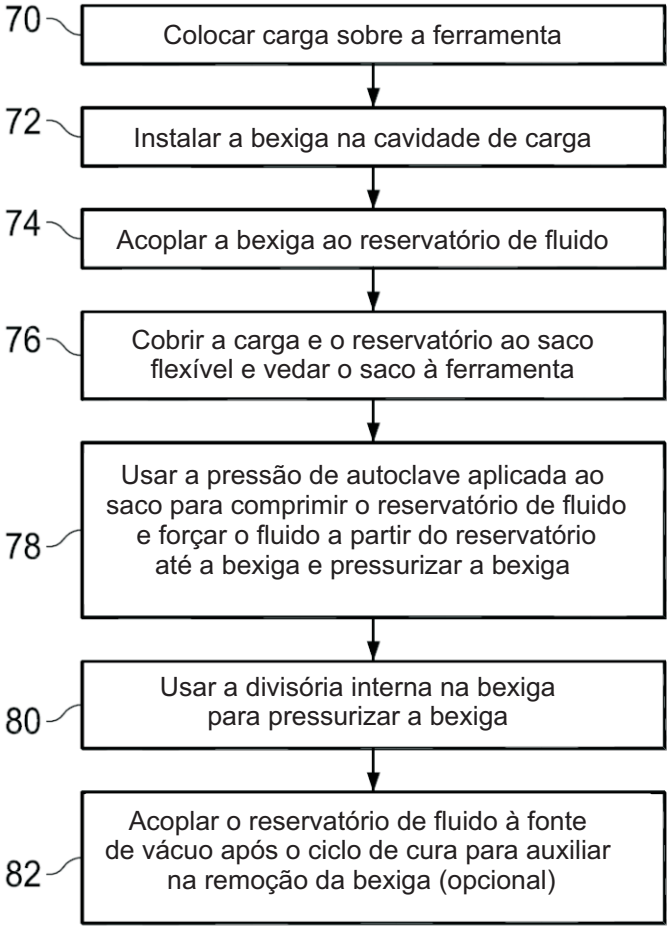

70
Colocar carga sobre a ferramenta
72
Instalar a bexiga na cavidade de carga
74
Acoplar a bexiga ao reservatório de fluido
76
Cobrir a carga e o reservatório ao saco flexível e vedar o saco à ferramenta
78
Usar a pressão de autoclave aplicada ao saco para comprimir o reservatório de fluido e forçar o fluido a partir do reservatório até a bexiga e pressurizar a bexiga
80
Usar a divisória interna na bexiga para pressurizar a bexiga
82
Acoplar o reservatório de fluido à fonte de vácuo após o ciclo de cura para auxiliar na remoção da bexiga (opcional)

FIG. 14

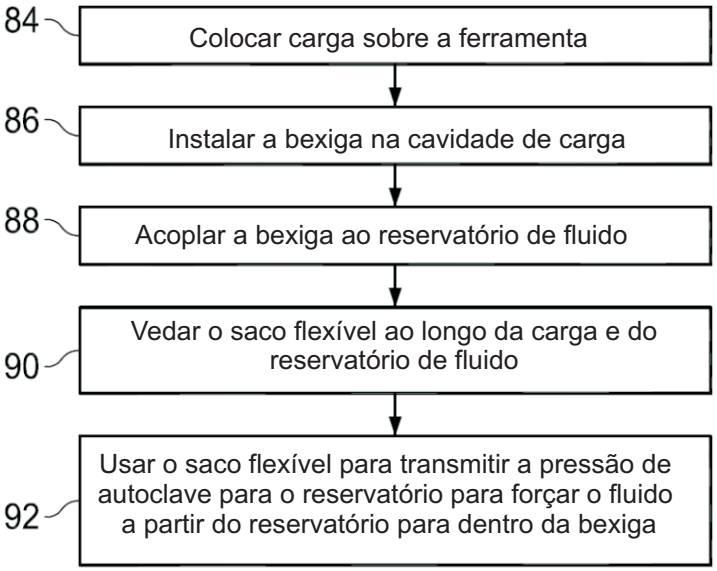

84
Colocar carga sobre a ferramenta
86
Instalar a bexiga na cavidade de carga
88
Acoplar a bexiga ao reservatório de fluido
90
Vedar o saco flexível ao longo da carga e do reservatório de fluido
92
Usar o saco flexível para transmitir a pressão de autoclave para o reservatório para forçar o fluido a partir do reservatório para dentro da bexiga

FIG. 15

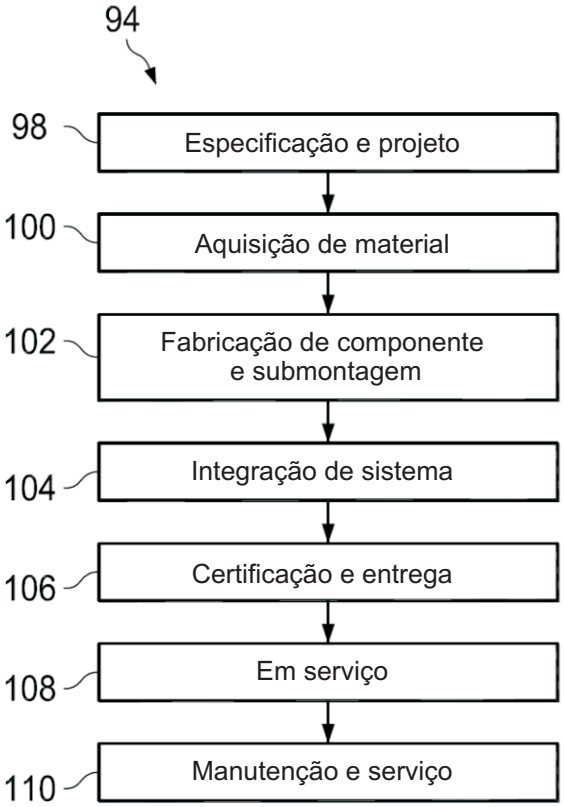
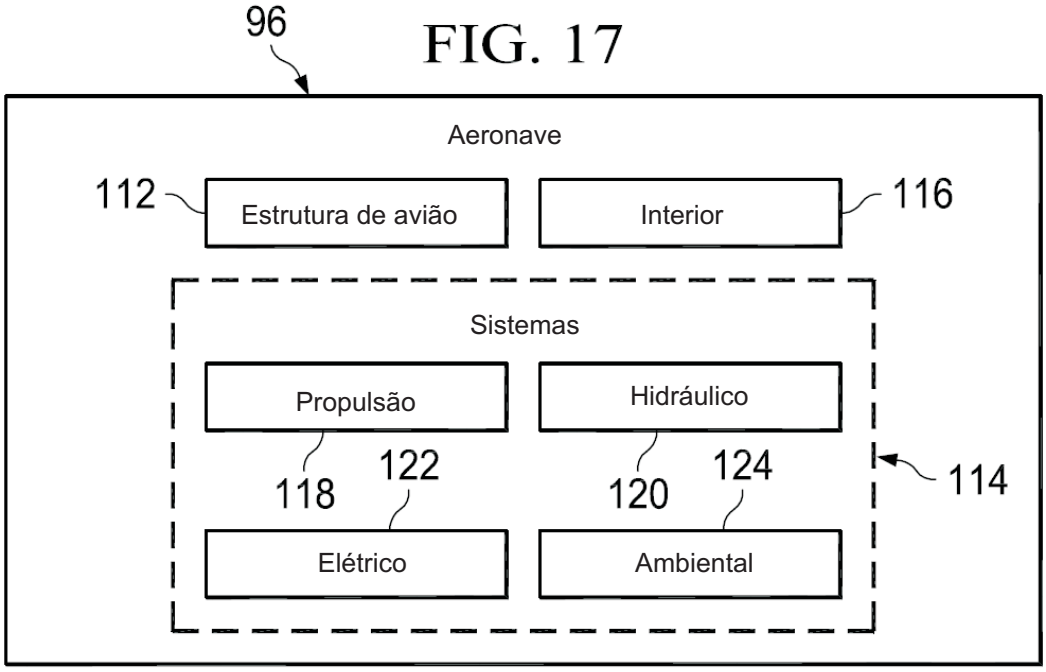

94
98
Especificação e projeto
100
Aquisição de material
102
Fabricação de componente e submontagem
104
Integração de sistema
106
Certificação e entrega
108
Em serviço
110
Manutenção e serviço

FIG. 16

FIG. 17


96
Aeronave
112
Estrutura de avião
Interior
116
Sistemas
Propulsão
Hidráulico
118
122
120
124
114
Elétrico
Ambiental