



República Federativa do Brasil

Ministério do Desenvolvimento, Indústria,
Comércio e Serviços

Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(11) BR 102019011048-1 B1

(22) Data do Depósito: 29/05/2019

(45) Data de Concessão: 19/09/2023

(54) Título: APARELHO DE MATRIZ DE COMPRESSÃO COMBINADA, E, MÉTODO PARA FABRICAR UMA MATRIZ DE MOLDE DE COMPRESSÃO COMBINADA

(51) Int.Cl.: B29C 43/36; B29C 43/04; B29C 33/38; B29C 33/02; B29C 33/00; (...).

(52) CPC: B29C 43/361; B29C 43/04; B29C 33/38; B29C 33/02; B29C 33/0044; (...).

(30) Prioridade Unionista: 30/05/2018 US 15/992465.

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

(72) Inventor(es): RUSS RAYNAL LEBLANC; ANDREW ANTHONY PILLAR; CHRIS GREN MCLNELLY.

(57) Resumo: APARELHO DE MATRIZ DE COMPRESSÃO COMBINADA, E, MÉTODO PARA FABRICAR UMA MATRIZ DE MOLDE DE COMPRESSÃO COMBINADA. Um aparelho de matriz de compressão combinada compreendendo um membro macho aditivamente fabricado e um membro fêmea aditivamente fabricado pode ser usado para fabricar partes moldadas por compressão, tais como painéis de termocura e/ou termoplástico para interiores de aeronave. O aparelho pode incluir estruturas de armação genéricas configuradas para suportar diferentes membros macho e fêmea aditivamente fabricados configurados para moldar diferentes painéis. Os membros macho e fêmea aditivamente fabricados podem ser feitos de metal e/ou de um material polimérico. O aparelho pode incluir um mecanismo de aquecimento (por exemplo, mantas de aquecimento) configurado para aquecer os membros macho e fêmea suficientemente para moldar uma peça de trabalho em um formato desejado.

APARELHO DE MATRIZ DE COMPRESSÃO COMBINADA, E, MÉTODO PARA FABRICAR UMA MATRIZ DE MOLDE DE COMPRESSÃO COMBINADA

CAMPO

[001] Esta descrição se refere a sistemas e métodos para fabricar ferramentas para moldagem por compressão.

INTRODUÇÃO

[002] Sistemas de moldagem por compressão são usados para fabricar partes em uma variedade de indústrias. Em aplicações aeroespaciais, por exemplo, sistemas de moldagem por compressão são amplamente usados para fabricar painéis interiores de aeronave feitos de materiais de termocura. Entretanto, os componentes de aparelho de moldagem por compressão atualmente usados para fabricar os painéis são tipicamente muito grandes e pesados, e processos de fabricação envolvendo esses componentes podem portanto ser inflexíveis, caros e inconvenientes. Por exemplo, movimentação dos componentes de matriz de compressão de um lugar para outro e compressão dos mesmos em uma prensa é tipicamente difícil. Adicionalmente, o tempo e custo necessários para fabricar um aparelho de matriz de compressão convencional são pesados. Um aparelho de matriz de compressão que é mais leve e exige menos tempo e gasto para fabricar seria uma vantagem significativa para o fabricante de painéis interiores de aeronave e outros objetos.

SUMÁRIO

[003] A presente descrição provê sistemas, aparelhos e métodos relativos a componentes de matriz de compressão. Em algumas modalidades, um aparelho de matriz de compressão combinada compreende um primeiro componente de matriz aditivamente fabricado tendo uma primeira seção intermediária configurada para moldar um contorno em um primeiro lado de uma peça de trabalho, um segundo componente de matriz aditivamente

fabricado tendo uma segunda seção intermediária configurada para moldar um contorno em um segundo lado da peça de trabalho, um mecanismo de aquecimento configurado para aquecer as primeira e segunda seções intermediárias suficientemente para moldar a peça de trabalho em um formato desejado, e um dispositivo de compressão configurado para pressionar as primeira e segunda seções intermediárias uma contra a outra.

[004] Em algumas modalidades, um aparelho de matriz de compressão combinada compreende um membro principal e um membro de cavidade configurados para cooperativamente modelar lados opostos de um painel, uma primeira estrutura de armação configurada para suportar o membro principal, uma segunda estrutura de armação configurada para suportar o membro de cavidade, em que as estruturas de armação são genéricas, os membros macho e fêmea sendo seletivamente montados nas estruturas de armação correspondentes e configurados para moldar um formato de painel específico.

[005] Em algumas modalidades, um método para fabricar uma matriz de moldagem por compressão combinada compreende fabricar aditivamente um membro principal, fabricar aditivamente um membro de cavidade, conectar um primeiro elemento de aquecimento ao membro principal, conectar um segundo elemento de aquecimento ao membro de cavidade, e montar os membros macho e fêmea em uma estrutura de armação configurada para moldar um peça de trabalho.

[006] Recursos, funções e vantagens podem ser alcançadas independentemente em várias modalidades da presente descrição, ou podem ser combinadas em ainda outras modalidades, cujos detalhes adicionais podem ser vistos com referência à descrição seguinte e desenhos relacionados.

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

Cláusula 1. Um aparelho de matriz de compressão combinada, compreendendo:

um membro principal,

um membro de cavidade, o membro principal e o membro de cavidade sendo configurados para cooperativamente modelar lados opostos de um painel,

uma primeira estrutura de armação configurada para suportar o membro principal,

uma segunda estrutura de armação configurada para suportar o membro de cavidade, em que as estruturas de armação são genéricas, os membros macho e fêmea sendo seletivamente montados nas estruturas de armação correspondentes e configurados para moldar um formato de painel específico.

[008] Cláusula 2. O aparelho da Cláusula 1, em que membros macho e fêmea são feitos por fabricação aditiva.

[009] Cláusula 3. O aparelho da Cláusula 2, em que os membros macho e fêmea são feitos de um material metálico.

[0010] Cláusula 4. O aparelho da Cláusula 2, em que os membros macho e fêmea são feitos de um material polimérico.

[0011] Cláusula 5. O aparelho das Cláusulas 1-4, compreendendo adicionalmente:

um dispositivo de compressão configurado para aplicar uma força direcionando os membros macho e fêmea um contra o outro.

[0012] Cláusula 6. O aparelho das Cláusulas 1-5, compreendendo adicionalmente:

uma primeira manta de aquecimento conectada a um lado inferior do membro principal, e uma segunda manta de aquecimento conectada a um lado superior do membro de cavidade.

[0011] Cláusula 7. Um método para fabricar uma matriz de molde de

compressão combinada, compreendendo:

- fabricar aditivamente um membro principal,
- fabricar aditivamente um membro de cavidade,
- conectar um primeiro elemento de aquecimento ao membro principal,
- conectar um segundo elemento de aquecimento ao membro de cavidade, e
- montar os membros macho e fêmea em uma estrutura de armação configurada para moldar uma peça de trabalho.

[0012] Cláusula 8. O método da Cláusula 7, em que a estrutura de armação é genérica, a etapa de montar incluindo intercambiar diferentes membros macho e fêmea na estrutura de armação para fabricar diferentes configurações de painel.

[0013] Cláusula 9. O método das Cláusulas 7-8, em que os membros macho e fêmea são feitos de um material metálico ou um material polimérico.

BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

[0014] A Fig. 1 é uma vista isométrica de um painel sanduíche de interior de aeronave ilustrativo de acordo com aspectos da presente descrição.

[0015] A Fig. 2 é uma vista explodida fragmentada do painel sanduíche de Fig. 1.

[0016] A Fig. 3 é um diagrama esquemático de um aparelho de matriz de compressão ilustrativo de acordo com aspectos da presente descrição.

[0017] A Fig. 4 é uma vista isométrica de um aparelho de matriz de compressão ilustrativo de acordo com aspectos da presente descrição.

[0018] A Fig. 5 é uma vista parcialmente explodida do aparelho de matriz de compressão da Fig. 4.

[0019] A Fig. 6 é uma vista isométrica de uma seção intermediária ilustrativa de um componente de matriz de compressão do aparelho de matriz de compressão da Fig. 4.

[0020] A Fig. 7 é uma vista de topo da seção intermediária do componente de matriz da Fig. 6.

[0021] A Fig. 8 é uma vista frontal da seção intermediária do componente de matriz da Fig. 6.

[0022] A Fig. 9 é uma vista em seção da seção intermediária do componente de matriz da Fig. 6 feita ao longo da direção indicada na Fig. 7.

[0029] A Fig. 10 é uma vista em seção da seção intermediária do componente de matriz da Fig. 6 feita ao longo da direção indicada na Fig. 8.

[0030] A Fig. 11 é uma vista isométrica de um componente de matriz de compressão ilustrativo do aparelho de matriz de compressão da Fig. 4.

[0031] A Fig. 12 é uma vista isométrica de um outro componente de matriz de compressão ilustrativo do aparelho de matriz de compressão da Fig. 4.

[0032] A Fig. 13 é um diagrama esquemático representando uma prensa para uso com relação ao aparelho de matriz de compressão da Fig. 4.

[0033] A Fig. 14 é um fluxograma representando etapas em um método ilustrativo de fabricação aditiva.

[0034] A Fig. 15 é um diagrama esquemático representando um dispositivo de fabricação aditiva ilustrativo adequado para realizar o método da Fig. 14.

[0035] A Fig. 16 é um fluxograma representando etapas em um método ilustrativo para fabricar uma matriz de molde de compressão combinada, de acordo com aspectos da presente descrição.

[0036] A Fig. 17 é um fluxograma representando etapas em um método ilustrativo para fabricar uma parte moldada por compressão, de acordo com aspectos da presente descrição.

DESCRIÇÃO DETALHADA

[0037] Vários aspectos e exemplos de um aparelho de matriz de compressão combinada tendo componentes aditivamente fabricados, bem

como métodos relacionados, são descritos a seguir e ilustrados nos desenhos associados. A menos que de outra forma especificado, um aparelho de matriz de compressão combinada de acordo com os presentes preceitos, e/ou seus vários componentes, podem, mas não é exigido, conter pelo menos uma das estruturas, componentes, funcionalidades e/ou variações descritas, ilustradas e/ou incorporadas aqui. Além disso, a menos que especificamente excluídos, as etapas de processo, estruturas, componentes, funcionalidades e/ou variações descritas, ilustradas e/ou incorporadas aqui relativas aos presentes preceitos podem ser incluídas em outros dispositivos e métodos similares, incluindo sendo intercambiáveis nas modalidades descritas. A descrição seguinte de vários exemplos é meramente de natureza ilustrativa e de maneira nenhuma deve limitar a descrição, sua aplicação, ou usos. Adicionalmente, as vantagens providas pelos exemplos e modalidades descritas a seguir são de natureza ilustrativa e nem todos os exemplos e modalidades proporcionam as mesmas vantagens ou o mesmo grau de vantagens.

[0038] Esta Descrição Detalhada inclui as seguintes seções, que vêm imediatamente a seguir: (1) Definições; (2) Revisão geral; (3) Exemplos, Componentes e Alternativas; (4) Combinações ilustrativas e Exemplos adicionais; (5) Vantagens, Recursos e Benefícios; e (6) Conclusão. A seção Exemplos, Componentes e Alternativas é adicionalmente dividida em subseções A a F, cada uma das quais é rotulada correspondentemente.

Definições

[0039] As definições seguintes se aplicam aqui, a menos que de outra forma indicado.

[0040] “Substancialmente” significa ser mais ou menos conforme com a dimensão, faixa, formato, conceito particular, ou outro aspecto modificado pelo termo, de maneira que um recurso ou componente não precisa se conformar exatamente. Por exemplo, um objeto “substancialmente cilíndrico” significa que o objeto se parece com um cilindro, mas pode ter um ou mais

desvios de um cilindro verdadeiro.

[0041] “Compreendendo”, “incluindo” e “tendo” (e conjugações dos mesmos) são usados intercambiavelmente para significar incluindo, mas não necessariamente limitado a, e são termos com extremidades abertas não destinados a excluir elementos ou etapas de método não citadas adicionais.

[0042] Termos tais como “primeiro”, “segundo” e “terceiro” são usados para distinguir ou identificar vários membros de um grupo, ou similares, e não visam mostrar limitação serial ou numérica.

Revisão geral

[0043] Em geral, um aparelho de matriz de compressão combinada de acordo com os presentes preceitos inclui primeiro e segundo componentes de matriz de compressão. Uma peça de trabalho (também referida como uma carga) é disposta entre as respectivas seções intermediárias dos primeiro e segundo componentes de matriz. As seções intermediárias são configuradas para moldar a peça de trabalho em um formato desejado. O aparelho de matriz de compressão combinada inclui adicionalmente um dispositivo de compressão configurado para pressionar as seções intermediárias uma contra a outra. Um mecanismo de aquecimento do aparelho de matriz de compressão aquece as seções intermediárias para facilitar a moldagem e/ou cura da peça de trabalho.

[0044] Um ou mais componentes do aparelho de matriz de compressão combinada podem ser aditivamente fabricados. Fabricação aditiva tipicamente inclui aplicar uma matéria-prima (por exemplo, um metal, um termoplástico, etc.) em camadas ordenadas de acordo com informação do desenho digital, e seletivamente unir e/ou fundir as camadas aplicadas para criar um objeto desejado. Técnicas de fabricação aditiva pode incluir impressão 3D, fototipagem rápida, fabricação digital direta, fabricação em camadas, fabricação aditiva, e similares. Um ou ambos os componentes de matriz de compressão da presente descrição podem ser produzidos por

fabricação aditiva. Em alguns exemplos, apenas as seções intermediárias dos componentes de matriz de compressão são produzidas por fabricação aditiva, e outras partes dos componentes de matriz de compressão e aparelho são fabricadas por meios tradicionais tal como usinagem.

[0045] Em alguns exemplos, seções intermediárias aditivamente fabricadas dos componentes de matriz de compressão são intercambiáveis. Por exemplo, uma pluralidade de seções intermediárias, cada qual configurada para moldar uma peça de trabalho em um formato diferente, podem ser aditivamente fabricadas e seletivamente montadas em estruturas de armação genéricas.

[0046] O aparelho de matriz de compressão combinada descrito aqui é tipicamente usado para fabricar um painel interior para uma aeronave. Por exemplo, se o aparelho tiver que ser usado para transformar a peça de trabalho em um painel contornado, então as seções intermediárias dos componentes de matriz de compressão podem cada qual ser configuradas para moldar um contorno em um lado da peça de trabalho.

Exemplos, Componentes e Alternativas

[0047] As seções seguintes descrevem aspectos selecionados de um aparelho de matriz de compressão exemplar, bem como sistemas e métodos relacionados. Os exemplos nessas seções são destinados a ilustração e não devem ser interpretados como limitação de todo o escopo da presente descrição. Cada seção pode incluir uma ou mais modalidades ou exemplos distintos, e/ou informação, função e/ou estrutura contextual ou relacionada.

A. Painel sanduíche ilustrativo

[0048] Como mostrado nas Figs. 1-2, esta seção descreve um painel sanduíche ilustrativo 25. O painel sanduíche 25 é um exemplo de um painel interior de aeronave que pode ser fabricado usando um aparelho de matriz de compressão, como aqui descrito.

[0049] A Fig. 1 é uma vista isométrica do painel sanduíche 25. Um ou

mais painéis sanduíches 25 podem ser usados para formar uma porção interior de uma aeronave, tais como um piso, teto e/ou parede. O painel sanduíche 25 é um painel compósito sanduíche compreendendo uma pluralidade de camadas e tipicamente tem um formato contornado. O primeiro lado 27 e o segundo lado (não mostrado) do painel sanduíche 25 podem ter o mesmo contorno, como mostrado na Fig. 1, ou podem ter contornos diferentes.

[0050] A Fig. 2 representa camadas ilustrativas do painel sanduíche 25. O painel sanduíche 25 inclui um núcleo alveolar 32 disposto entre as primeira e segunda camadas confrontantes 33 e 34. As camadas confrontantes 33 e 34 podem cada qual incluir uma matriz de polímero de termocura, tais como uma resina de epóxi e/ou uma resina fenólica, e podem também incorporar um sistema de reforço tais como fibra de carbono, aramida, fibra de vidro, pano de fibra de vidro tecido, e/ou similares. Adicionalmente, ou alternativamente, camadas confrontantes 33 e 34 podem incluir materiais termoplástico e/ou outros polímeros.

[0051] O núcleo alveolar 32 compreende uma pluralidade de colunas vazias 36 arranjadas em um padrão alveolar, cada coluna tendo uma seção transversal substancialmente hexagonal e se estendendo entre camadas confrontantes 33 e 34. As camadas de película adesiva 38 e 39 podem ser incluídas para unir os respectivos lados de núcleo alveolar 32 às camadas confrontantes 33 e 34. Em alguns exemplos, o painel 25 também inclui um ou mais revestimentos retardantes de chama 40. Os revestimentos 40 podem adicionalmente, ou alternativamente, incluir material decorativo tal como tinta.

[0052] O painel sanduíche 25 é um exemplo de um objeto que pode ser fabricado usando um aparelho de matriz de compressão, como aqui descrito. Por exemplo, o painel sanduíche 25 pode ser fabricado usando o aparelho de matriz de compressão em um processo de moldagem de núcleo prensado. Um aparelho de matriz de compressão pode adicionalmente, ou

alternativamente, ser usado para fabricar outros tipos de painel e/ou outros tipos de objetos.

B. Aparelho de matriz de compressão combinada ilustrativo

[0053] Como mostrado nas Figs. 3-13, esta seção descreve um aparelho de matriz de compressão combinada ilustrativo 50. O aparelho de matriz de compressão combinada 50 é um exemplo de um aparelho de matriz de compressão combinada como aqui descrito. Como mostrado esquematicamente na Fig. 3, o aparelho de matriz de compressão combinada 50 inclui primeiro componente de matriz aditivamente fabricado 55, segundo componente de matriz aditivamente fabricado 56, dispositivo de compressão 57 e mecanismo de aquecimento 58.

[0054] A Fig. 4 representa o aparelho de matriz de compressão combinada 50 compreendendo um primeiro componente de matriz aditivamente fabricado 55 e um segundo componente de matriz aditivamente fabricado 56. O primeiro componente de matriz aditivamente fabricado 55 inclui uma primeira seção intermediária 61 suportada por uma primeira estrutura de armação 63. O segundo componente de matriz aditivamente fabricado 56 inclui uma segunda seção intermediária 66 suportada por uma segunda estrutura de armação 68. Em uso típico, o primeiro componente de matriz aditivamente fabricado 55 é disposto acima do segundo componente de matriz aditivamente fabricado 56, com as primeira e segunda seções intermediárias 61 e 66 voltadas uma para a outra.

[0055] As primeira e segunda seções intermediárias 61 e 66 são configuradas para cooperativamente modelar lados opostos de uma peça de trabalho 70 (vide Fig. 5) disposta entre as primeira e segunda seções intermediárias. Por exemplo, a primeira seção intermediária 61 pode ser configurada para moldar um contorno em um primeiro lado (não mostrado) da peça de trabalho 70, e a segunda seção intermediária 66 pode ser configurada para moldar um contorno em um segundo lado 72 da peça de trabalho 70. A

Fig. 5 é uma vista parcialmente explodida do aparelho de matriz de compressão 50 ilustrando a posição da peça de trabalho 70 entre as primeira e segunda seções intermediárias 61 e 66.

[0056] Tipicamente, o aparelho de matriz de compressão 50 é configurado para fabricar um painel interior para uma aeronave, tais como um painel de parede fenólico de termocura sólido, um painel de parede fenólico de termocura sanduíche, e/ou similares. Dessa forma, em alguns exemplos, as primeira e segunda seções intermediárias 61 e 66, respectivamente, incluem primeira e segunda superfícies de formação substancialmente planas e/ou contornadas 73 e 76 (vide Fig. 11) configuradas para moldar a peça de trabalho 70 em um painel. Em alguns exemplos, a primeira superfície de formação 73 da primeira seção intermediária 61 é contornada em um formato convexo e a segunda superfície de formação 76 da segunda seção intermediária 66 é contornada em um formato côncavo. Nesses exemplos, a primeira seção intermediária 61 pode ser denominada um membro principal, e segunda seção intermediária 66 pode ser denominada um membro de cavidade. Nas figuras da presente descrição, o componente de matriz inferior é representado incluindo o membro principal, e o componente de matriz superior é representado incluindo o membro de cavidade. Entretanto, em alguns exemplos, o componente de matriz inferior inclui o membro de cavidade e o componente de matriz superior inclui o membro principal.

[0057] Em alguns exemplos, as primeira e segunda seções intermediárias 61 e 66 têm curvaturas, recursos geométricos e/ou materiais constituintes similares. Esses exemplos podem ser adequados para criar um painel de aeronave com espessura substancialmente uniforme tendo curvatura deslocada combinada em ambos os lados.

[0058] Em alguns exemplos, as primeira e segunda seções intermediárias 61 e 66 são configuradas para ser intercambiáveis, e as primeira e segunda estruturas de armação 63 e 68 são estruturas genéricas

e/ou fixas configuradas para seletivamente suportar qualquer uma de uma pluralidade de diferentes seções intermediárias intercambiáveis. Uma pluralidade de diferentes primeiras seções intermediárias intercambiáveis 61 e/ou uma pluralidade de diferentes segundas seções intermediárias intercambiáveis 66 podem ser providas para moldar peças de trabalho 70 de diferentes formatos. Por exemplo, um painel de aeronave tendo um formato específico pode ser fabricado usando uma primeira seção intermediária selecionada 61 e segunda seção intermediária selecionada 66 configuradas para moldar o formato do painel específico.

[0059] As Figs. 6-10 representam uma primeira seção intermediária ilustrativa 61. A Fig. 6 é uma vista isométrica da seção intermediária 61, representando uma superfície de formação convexa 73. As Figs. 7 e 8 são uma vista de topo e uma vista frontal da seção intermediária 61, respectivamente. A Fig. 9 é uma vista em seção ao longo da direção indicada na Fig. 7, e a Fig. 10 é uma vista em seção ao longo da direção indicada na Fig. 8.

[0060] A Figs. 11 e 12 são vistas explodidas representando primeiro e segundo componentes de matriz aditivamente fabricados 55 e 56, incluindo as primeira e segunda seções intermediárias 61 e 66 montadas respectivamente nas primeira e segunda estruturas de armação 63 e 68. Nos exemplos representados nas Figs. 11 e 12, as primeira e segunda seções intermediárias 61 e 66 são afixadas respectivamente às primeira e segunda estruturas de armação 63 e 68 usando um conjunto de parafusos e pinos. Adicionalmente, ou alternativamente, as primeira e segunda seções intermediárias 61 e 66 podem ser afixadas às primeira e segunda estruturas de armação 63 e 68 usando trincos, grampos, braçadeiras, parafusos, pregos, e/ou qualquer outro prendedor adequado. Em alguns exemplos, as primeira e segunda estruturas de armação 63 e 68 incluem sulcos, fendas e/ou outras aberturas adequadas configuradas para receber porções das primeira e segunda seções

intermediárias 61 e 66, e as seções intermediárias são montadas nas respectivas estruturas de armação pelo posicionamento das seções intermediárias de maneira tal que essas porções sejam recebidas nas aberturas correspondentes.

[0061] Como aqui descrito, as primeira e segunda seções intermediárias 61 e 66 podem ser configuradas para ser intercambiáveis, e as primeira e segunda estruturas de armação 63 e 68 podem ser fixas. Dessa forma, o mecanismo para montagem das primeira e segunda seções intermediárias 61 e 66 nas primeira e segunda estruturas de armação 63 e 68 pode ser configurado de maneira tal que as seções intermediárias possam ser facilmente montadas e removida das respectivas estruturas de armação sem danos nas seções intermediárias ou estruturas de armação. Os conjuntos de parafuso e pino representados nas Figs. 11-12 são exemplos de mecanismos de montagem que permite montagem e remoção das primeira e segunda seções intermediárias intercambiáveis 61 e 66 nas primeira e segunda estruturas de armação 63 e 68.

[0062] Como aqui descrito, as primeira e segunda seções intermediárias 61 e 66 são tipicamente fabricadas pelo menos parcialmente por fabricação aditiva. Por exemplo, as primeira e segunda seções intermediárias 61 e 66 podem ser aditivamente fabricadas, por exemplo, de metal e/ou de material termoplástico. O custo e tempo de fabricação relativamente pequenos exigidos para fabricar aditivamente as primeira e segunda seções intermediárias 61 e 66 podem facilitar a produção de diferentes primeira e segunda seções intermediárias configuradas para fabricar, por exemplo, diferentes configurações de painel de aeronave. As primeira e segunda estruturas de armação 63 e 68 podem ser completa ou parcialmente aditivamente fabricadas e/ou podem ser fabricadas por outros meios (por exemplo, usinagem). As primeira e segunda estruturas de armação 63 e 68 são tipicamente estruturas rígidas.

[0063] As primeira e segunda estruturas de armação 63 e 68 podem incluir recursos de alinhamento configurados para facilitar o alinhamento correto das estruturas de armação quando elas são pressionadas uma contra a outra para moldar a peça de trabalho 70. Como representado nas Figs. 11-12, a primeira estrutura de armação 63 pode incluir uma ou mais projeções de alinhamento 79 que se projetam a partir da primeira estrutura de armação, e a segunda estrutura de armação 68 pode incluir recessos de alinhamento correspondentes 82 configurados para receber as projeções de alinhamento. Opcionalmente, um ou mais blocos de alinhamento 85 (por exemplo, blocos de calço e/ou blocos de espaçador) podem ser dispostos em projeções de alinhamento 79 e/ou dentro de recessos de alinhamento 82 para ajustar o alinhamento e/ou espaçamento vertical entre as primeira e segunda estruturas de armação 63 e 68.

[0064] Como mostrado nas Figs. 11-12, uma primeira manta de aquecimento 87 é afixada à primeira seção intermediária 61 e uma segunda manta de aquecimento 90 é afixada à segunda seção intermediária 66. As primeira e segunda mantas de aquecimento 87 e 90 são exemplos de mecanismo de aquecimento 58 para o aparelho de matriz de compressão combinada 50, aqui descrito. Tipicamente, a primeira manta de aquecimento 87 é conectada a uma primeira superfície de não formação 93 (vide Figs. 8-10) oposta à primeira superfície de formação 73 da primeira seção intermediária 61, e segunda manta de aquecimento 90 é conectada a uma segunda superfície de não formação 96 (vide Fig. 5) oposta á segunda superfície de formação 76 da segunda seção intermediária 66. As primeira e segunda mantas de aquecimento 87 e 90 são configuradas para prover calor aos primeiro e segundo componentes de matriz 55 e 56, que pode facilitar a moldagem da peça de trabalho 70 (por exemplo, moldagem de materiais termoplásticos e/ou outros materiais de polímero na peça de trabalho). Calor provido pelas primeira e segunda mantas de aquecimento 87 e 90 pode

adicionalmente ou alternativamente facilitar a cura de qualquer material de termocura na a peça de trabalho. Conexões elétricas, lógica de processamento, termopares e/ou outros sensores de temperatura adequados, mecanismos de resfriamento, e qualquer outro equipamento adequado para controlar o calor provido pelas primeira e segunda mantas de aquecimento 87 e 90 pode ser provido de acordo com a necessidade.

[0065] Em alguns exemplos, as primeira e segunda mantas de aquecimento 87 e 90 compreendem “susceptores inteligentes” configurados para manter uma temperatura dentro de uma faixa predeterminada usando mudanças automáticas na quantidade de calor produzido por aquecimento indutivo com base na diferença entre a temperatura real e a temperatura Curie do susceptor. Adicionalmente, ou alternativamente, as primeira e segunda mantas de aquecimento 87 e 90 podem ser configuradas para produzir calor por aquecimento resistivo. Em alguns exemplos, as primeira e segunda mantas de aquecimento 87 e 90 compreendem películas de nanotubo de carbono configuradas para produzir calor, por exemplo, por aquecimento resistivo.

[0066] Em alguns exemplos, as primeira e segunda mantas de aquecimento 87 e 90 compreendem múltiplas mantas de aquecimento disposta adjacentes entre si nas primeira e segunda superfícies de não formação 93 e 96, respectivamente. Nesses exemplos, as primeira e segunda mantas de aquecimento 87 e 90 podem ser referidas como mantas de aquecimento multizonais e/ou uma sistema de manta de aquecimento multizonal. Cada manta de aquecimento constituinte, ou subconjuntos de mantas de aquecimento constituinte, pode incluir respectivas fontes de alimentação e lógica de processamento configurada para controlar a produção de calor. O uso de múltiplas mantas de aquecimento pode melhorar a uniformidade de calor e/ou a facilidade com a qual as mantas de aquecimento podem ser instaladas e/ou substituídas.

[0067] As primeira e segunda mantas de aquecimento 87 e 90 podem ser unidas às primeira e segunda seções intermediárias 61 e 66 (por exemplo, às primeira e segunda superfícies de não formação 93 e 96) por um adesivo. O adesivo pode compreender uma resina tal como uma resina fenólica, uma resina de epóxido e/ou similares. Em alguns exemplos, material com alta condutividade térmica é incorporado na resina de adesivo para aumentar a eficiência de transferência de calor das primeira e segunda mantas de aquecimento 87 e 90 para as primeira e segunda seções intermediárias 61 e 66.

[0068] Como representado nas Figs. 4-5 e 11-12, as primeira e segunda estruturas de armação 63 e 68 podem ser substancialmente abertas adjacentes às primeira e segunda superfícies de não formação 93 e 96 para facilitar o acesso às primeira e segunda mantas de aquecimento 87 e 90, por exemplo, para instalação e/ou manutenção das mantas de aquecimento. Tampas removíveis podem ser providas para cobrir as aberturas nas primeira e segunda estruturas de armação 63 e 68 quando acesso às primeira e segunda mantas de aquecimento 87 e 90 não for desejado; as tampas podem impedir dano e/ou perda de calor.

[0069] Em alguns exemplos, as primeira e segunda mantas de aquecimento 87 e 90 são omitidas, e o aparelho de matriz de compressão 50 é disposto dentro de um forno. Em alguns exemplos, o forno pode ser configurado para aquecer o aparelho de matriz de compressão 50 por fontes de aquecimento alternativas.

[0070] As primeira e segunda mantas de aquecimento 87 e 90, e/ou qualquer outro mecanismo de aquecimento 58, podem ser configuradas para aquecer a peça de trabalho 70 a uma temperatura entre 65,6 e 176,7 °C (150 e 350 graus Fahrenheit), e/ou uma temperatura entre 93,3 e 148,9 °C (200 e 300 graus Fahrenheit). Em alguns exemplos, o mecanismo de aquecimento 58 é configurado para aquecer os primeiro e segundo componentes de matriz 55 e

56 de maneira tal que a temperatura através de cada das primeira e segunda superfícies de formação 73 e 76 seja uniforme em uma faixa predeterminada (por exemplo, uniforme dentro de uma tolerância de $\pm 8,9$ °C (16 graus Fahrenheit), e/ou $\pm 6,7$ °C (12 graus Fahrenheit), e/ou $\pm 4,4$ °C (8 graus Fahrenheit), e/ou $\pm 2,2$ °C (4 graus Fahrenheit), e/ou qualquer outra tolerância adequada). Se os primeiro e segundo componentes de matriz 55 e 56 forem feitos de um material termoplástico, então a temperatura na qual os componentes de matriz são aquecidos (por exemplo, a temperatura adequada para termocura da peça de trabalho 70) é menor que a temperatura de transição termoplástica. O material termoplástico permanece sólido até uma temperatura maior que a temperatura da peça de trabalho 70.

[0071] A Fig. 13 representa uma prensa ilustrativa 100 configurada para aplicar uma força direcionando as primeira e segunda seções intermediárias 61 e 66 (por exemplo, um membro principal e um membro de cavidade) uma contra a outra. A prensa 100 é um exemplo de dispositivo de compressão 57, aqui descrito. A prensa 100 compreende primeiro e segundo pratos de pressão 103 e 106 e um acionador 110 configurado para forçar os pratos de pressão um contra o outro. O acionador 110 pode compreender um ou mais cilindros hidráulicos, cilindros pneumáticos e/ou similares. Os primeiro e segundo componentes de matriz 55 e 56 são posicionados entre os primeiro e segundo pratos de pressão 103 e 106 de maneira tal que pressão dos pratos de pressão um contra o outro também pressiona as primeira e segunda seções intermediárias 61 e 66 uma contra a outra. Por exemplo, os primeiro prato de pressão 103 podem engatar um lado inferior do primeiro componente de matriz 55, e o segundo prato de pressão 106 pode engatar um lado superior de segundo componente de matriz 56. Na prensa 100 ilustrativa, o primeiro prato de pressão 103 é fixo no lugar e segundo prato de pressão 106 é montado de forma deslizante em uma armação 115. O acionador 110, que é pelo menos parcialmente suportado pela armação 115, é configurado

para empurrar o segundo prato de pressão 106 em direção ao primeiro prato de pressão 103. O acionador 110 pode também ser configurado para levantar o segundo prato de pressão 106 para fora do primeiro prato de pressão 103. Em alguns exemplos, o segundo prato de pressão 106 é em vez disso fixo no lugar e o primeiro prato de pressão 103 é móvel; em outros exemplos, ambos os pratos de pressão são móveis.

[0072] A prensa 100 pode ser configurada para aplicar uma pressão de pelo menos 0,69 MPa (50 libras por polegada quadrada (PSI)) forçando as primeira e segunda seções intermediárias 61 e 66 uma contra a outra. Em alguns exemplos, a prensa 100 pode ser configurada para aplicar uma pressão de 0,34 a 1,72 MPa (50 a 250 PSI) forçando as primeira e segunda seções intermediárias 61 e 66 uma contra a outra.

[0073] Como aqui descrito, pelo menos alguns componentes do aparelho de matriz de compressão combinada 50 são aditivamente fabricados. Em alguns exemplos, os primeiro e segundo componentes de matriz 55 e 56 são por completo aditivamente fabricados; em alguns exemplos, as primeira e segunda seções intermediárias 61 e 66 são aditivamente fabricadas e as primeira e segunda estruturas de armação 63 e 68 são fabricadas por outros métodos. Em virtude de o aparelho de matriz de compressão combinada 50 ser pelo menos parcialmente aditivamente fabricado, ele pode ter um peso relativamente pequeno comparado a um aparelho de matriz de compressão fabricado por métodos tradicionais. Por exemplo, as porções aditivamente fabricadas do aparelho de matriz de compressão combinada 50 podem ser feita de um material leve tal como um termoplástico. Adicionalmente, ou alternativamente, o processo de fabricação aditiva pode permitir que porções do aparelho de matriz de compressão combinada 50 sejam fabricadas usando menos material do que seria viável por métodos de fabricação convencionais; dessa forma, o aparelho de matriz de compressão combinada 50 pode ser mais leve que um aparelho fabricado completamente por métodos tradicionais,

mesmo se as porções aditivamente fabricadas do aparelho de matriz de compressão combinada 50 forem feitas de um material convencional tal como aço. Em alguns exemplos, o aparelho de matriz de compressão combinada 50 pesa menos que 454 kg (1.000 libras). Em alguns exemplos, o aparelho de matriz de compressão combinada 50 pesa menos que 227 kg (500 libras). Ao contrário, aparelhos de matriz de compressão combinada tipicamente pesam mais que 4.536 kg (10.000 libras), e podem pesar acima de 6.350 kg (14.000 libras), ou acima de 9.072 kg (20.000 libras).

C. Método Ilustrativo de Fabricação Aditiva

[0074] Esta seção descreve etapas de um método ilustrativo para fabricação aditiva de uma peça de trabalho aditivamente fabricada (por exemplo, os primeiro e segundo componentes de matriz 55 e 56 e/ou as primeira e segunda seções intermediárias 61 e 66); vide Fig. 14. Aspectos de um dispositivo de fabricação aditiva ilustrativo representado na Fig. 15 podem ser utilizado nas etapas de método descritas a seguir. Onde apropriado, referência pode ser feita a componentes e sistemas que podem ser usados na realização de cada etapa. Essas referências são para ilustração, e não visam limitar as possíveis maneiras de realizar qualquer etapa particular do método.

[0075] Fabricação aditiva está rapidamente ganhando popularidade em muitas indústrias como um método de rápida produção a um custo relativamente baixo. Fabricação aditiva pode ser usada para criar um objeto sólido a partir de um modelo 3D pela construção do objeto incrementalmente. Técnicas de fabricação aditiva tipicamente aplicam uma matéria-prima em camadas e seletivamente unem a matéria-prima para criar o objeto desejado. As espessura das camadas individuais podem depender das técnicas de fabricação aditiva específicas usadas. Técnicas ilustrativas incluir fusão laser seletiva (SLM), sinterização laser de metal direta (DMLS), sinterização laser seletiva (SLS), fabricação de filamento fundido (FFF), fabricação aditiva alimentada por arame, e fusão por feixe eletrônico (EBM), entre outros.

Técnicas de fabricação aditiva alimentada por fio pode incluir fabricação aditiva de arame e laser (WLAM), fabricação com formato livre por feixe eletrônico (EBF3), fabricação aditiva a fio e arco (WAAM), e/ou similares.

[0076] A Fig. 14 é um fluxograma ilustrando etapas realizadas em um método ilustrativo 200, e pode não citar o processo completo ou todas as etapas do método. Embora várias etapas do método 200 sejam descritas a seguir e representadas na Fig. 14, as etapas não precisam necessariamente ser todas realizadas e, em alguns casos, podem ser realizadas simultaneamente ou em uma ordem diferente da ordem mostrada.

[0077] Na etapa 202, informação digital descrevendo uma pluralidade ordenada de camadas é recebida. A informação digital pode ser recebida por um controlador de computador 312 de um dispositivo de fabricação aditiva 310 como representado na Fig. 15. O dispositivo de fabricação aditiva 310 pode também ser referido como uma impressora ou um fabricante. O controlador de computador 312 pode compreender qualquer sistema de processamento de dados configurado para receber informação de desenho digital e controlar funções de impressora 310. O controlador de computador ilustrativo mostrado na Fig. 15 inclui um processador 314 para controlar funções da impressora e memória 316 para armazenar dados recebidos.

[0078] A informação recebida pode incluir dados geométricos e/ou detalhes de projeto para uma pluralidade de padrões bidimensionais que constituem camadas de um objeto tridimensional, onde o objeto tridimensional é uma peça de trabalho aditivamente fabricada 328 a ser fabricada. As camadas podem também ser descritas como seções transversais ou fatias. A pluralidade de camadas é ordenada, de maneira tal que as camadas possam ser enumeradas ou organizadas de uma primeira camada para uma última camada.

[0079] A etapa 204 do método 200 inclui depositar matéria-prima em uma plataforma de construção 318 localizada em um ambiente de construção

320 da impressora 310. A plataforma de construção 318 pode compreender um suporte móvel pelo controlador de computador 312 ao longo de um eixo geométrico de fabricação 322. A plataforma de construção 318 pode ter uma superfície planar perpendicular ao eixo geométrico de fabricação 322.

[0080] A matéria-prima pode ser qualquer material apropriado para fabricação aditiva, tipicamente um fluido, pó e/ou arame, e incluindo, mas não se limitando a resina de fotopolímero, termoplástico, material de termocura, material polimérico puro e/ou reforçado, gesso, cerâmica, e metal. O material pode ser distribuído por uma fonte de matéria-prima 324 tal como uma tremonha, um tanque, um arame, ou um leito pulverizado. Por exemplo, pó de alumínio pode ser varrido de um leito pulverizado sobre a plataforma de construção 318 por um braço de escova atuado pelo controlador de computador 312.

[0081] A matéria-prima pode ser distribuída uniformemente na plataforma de construção 318, ou pode ser depositada em um padrão selecionado. A deposição pode ser feita pelo controle de controlador de computador 312. Em alguns exemplos, a plataforma de construção 318 pode ser submersa em matéria-prima e a deposição pode ser feita por gravidade ou pressão de fluido. Em alguns exemplos, uma cabeça de impressão 326 conectada à fonte de matéria-prima 324 pode depositar a matéria-prima em um padrão correspondente à primeira camada da pluralidade de camadas ordenadas.

[0082] Na etapa 206, a matéria-prima é alterada para produzir a primeira camada. Em outras palavras, uma mudança física é induzida no material depositado, de acordo com a informação de projeto que descreve a primeira camada da pluralidade ordenada de camadas e direcionada pelo controlador de computador 312, para realizar a primeira camada como um objeto físico na plataforma de construção 318.

[0083] O material pode ser atuado por uma cabeça de impressão 326

de impressora 310, controlada pelo controlador de computador 312. Por exemplo, a cabeça de impressão 326 pode incluir um laser que cura um fotopolímero por exposição a luz ou sinteriza um pó de metal pela exposição ao calor. A cabeça de impressão 326 pode ser direcionada pelo controlador de computador 312 para seguir um trajeto definido na informação digital recebida para a primeira camada, e/ou um trajeto calculado pelo processador 314 com base na informação digital recebida.

[0084] A Etapa 208 inclui reposicionar a plataforma de construção 318. Em alguns exemplos, a plataforma de construção 318 pode inicialmente ser posicionada a uma distância selecionada da cabeça de impressão 326. A distância selecionada pode ser determinada com base nos procedimentos a serem realizados pela cabeça de impressão 326. Subsequentemente à produção de uma camada, a plataforma de construção 318 pode ser reposicionada pelo controlador de computador 312 ao longo do eixo geométrico de fabricação 322 para fora da cabeça de impressão 326 em uma quantidade aproximadamente igual à espessura da camada. Ou seja, a plataforma de construção 318 pode ser movimentada de maneira tal que uma superfície superior da camada produzida seja separada pela distância selecionada da cabeça de impressão 326.

[0085] Em alguns exemplos, a plataforma de construção 318 pode iniciar em alinhamento com um outro elemento de impressora 310 tal como um componente de distribuição de matéria-prima. Subsequente à produção de uma camada, a plataforma de construção 318 pode ser reposicionada pelo controlador de computador 312 ao longo do eixo geométrico de fabricação 322 de maneira tal que uma superfície superior da camada produzida fique alinhada com o outro elemento de impressora 310. Em alguns exemplos, na etapa 208, a cabeça de impressão 326 pode ser reposicionada em substituição ou em adição à plataforma de construção 318. Em alguns exemplos, a etapa 208 pode ser pulada.

[0086] Na etapa 210, a matéria-prima é depositada na camada produzida na etapa anterior do método 200. Como descrito para a etapa 204, a matéria-prima pode ser qualquer material apropriada e pode ser depositada em de qualquer maneira apropriada. Na etapa 212, a matéria-prima é alterada para produzir a camada seguinte como previamente descrito para a etapa 206.

[0087] As etapas 208 a 212 podem ser repetidas para produzir cada camada da pluralidade de camadas da informação digital recebida, até que a última camada seja produzida. A primeira até a última camada produzida podem então compreender peça de trabalho aditivamente fabricada 328 como descrito na informação digital recebida. A peça de trabalho aditivamente fabricada pode ser removida da impressora e pós-processada da maneira desejada. Por exemplo, a peça de trabalho aditivamente fabricada pode ser usinada de uma chapa de construção da plataforma de construção, e detalhes finos e/ou superfícies lisas podem ser adicionalmente acabados por usinagem e/ou outros métodos.

D. Método ilustrativo para fabricar uma matriz de molde de compressão combinada

[0088] Esta seção descreve etapas de um método ilustrativo 400 para fabricar uma matriz de molde de compressão combinada; vide Fig. 16. Aspectos do dispositivo de fabricação aditiva ilustrativo 310 e/ou método 200 podem ser utilizados nas etapas de método descritas a seguir. Onde apropriado, referência pode ser feita a componentes e sistemas que podem ser usados na realização de cada etapa. Essas referências são para ilustração, e não visam limitar as possíveis maneiras de realizar qualquer etapa particular do método.

[0089] A Fig. 16 é um fluxograma ilustrando etapas realizadas em um método ilustrativo 400, e pode não citar o processo completo ou todas as etapas do método. Embora várias etapas do método 400 sejam descritas a seguir e representadas na Fig. 16, as etapas não precisam necessariamente ser

todas realizadas e, em alguns casos, podem ser realizadas simultaneamente ou em uma ordem diferente da ordem mostrada.

[0090] Na etapa 402, o método 400 inclui fabricar aditivamente um membro principal. O membro principal pode compreender, por exemplo, primeira seção intermediária 61 do primeiro componente de matriz ilustrativo 55.

[0091] Na etapa 404, o método 400 inclui fabricar aditivamente um membro de cavidade. O membro de cavidade pode compreender, por exemplo, a segunda seção intermediária 66 do segundo componente de matriz ilustrativo 56.

[0092] As etapas de fabricação aditiva 402 e 404 podem incluir aspectos do método de fabricação aditiva 200. Em alguns exemplos, o membro principal e o membro de cavidade são feitos de metal. Em alguns exemplos, o membro principal e fêmea são feitos de material termoplástico, tais como acrílico, náilon, policarbonato e/ou similares. Os membros macho e fêmea podem adicionalmente ou alternativamente ser feitos de materiais de termocura e/ou material polimérico puro e/ou reforçado. Qualquer técnica de fabricação aditiva adequada pode ser usada para realizar as etapas 402 e 404.

[0093] Na etapa 406, o método 400 inclui conectar um primeiro elemento de aquecimento ao membro principal. O primeiro elemento de aquecimento pode compreender primeira manta de aquecimento 87 e/ou qualquer outro mecanismo de aquecimento adequado. Conectar o primeiro elemento de aquecimento ao membro principal pode incluir dispor o primeiro elemento de aquecimento em uma superfície do membro principal e/ou dentro do membro principal. Em alguns exemplos, conectar o primeiro elemento de aquecimento ao membro principal inclui unir o elemento de aquecimento a uma superfície do membro principal (por exemplo, primeira superfície de não formação 93).

[0094] Na etapa 408, o método 400 inclui conectar um segundo

elemento de aquecimento ao membro de cavidade. O segundo elemento de aquecimento pode compreender segunda manta de aquecimento 90 e/ou qualquer outro mecanismo de aquecimento adequado. Conectar o segundo elemento de aquecimento ao membro de cavidade pode incluir dispor o segundo elemento de aquecimento em uma superfície do membro de cavidade e/ou dentro do membro de cavidade. Em alguns exemplos, conectar o segundo elemento de aquecimento ao membro de cavidade inclui unir o elemento de aquecimento a uma superfície do membro de cavidade (por exemplo, segunda superfície de não formação 96).

[0095] Na etapa 410, método 400 inclui montar os membros macho e fêmea em uma estrutura de armação configurada para moldar uma peça de trabalho (por exemplo, peça de trabalho 70). A estrutura de armação pode compreender primeira e segunda estruturas de armação 63 e 68, e/ou qualquer outra estrutura adequada para suportar os membros macho e fêmea de maneira tal que eles possam ser pressionados um contra o outro por um dispositivo de compressão. Em alguns exemplos, a estrutura de armação é uma estrutura de armação genérica configurada para suportar diferentes membros macho e fêmea. Os diferentes membros macho e fêmea podem ser configurados para fabricar diferentes peças de trabalho, por exemplo, os diferentes formatos de painéis de aeronave. Nesses exemplos, a etapa 410 inclui intercambiar diferentes membros macho e/ou fêmea na estrutura de armação para fabricar diferentes configurações de painel.

E. Método ilustrativo para fabricar uma parte moldada por compressão

[0096] Esta seção descreve etapas de um método ilustrativo 500 para fabricar uma parte moldada por compressão; vide Fig. 17. Aspectos do dispositivo de fabricação aditiva ilustrativo 310 podem ser utilizados nas etapas do método descrito a seguir. Onde apropriado, referência pode ser feita a componentes e sistemas que podem ser usados na realização de cada etapa. Essas referências são para ilustração, e não visam limitar as possíveis

maneiras de realizar qualquer etapa particular do método.

[0097] A Fig. 17 é um fluxograma ilustrando etapas realizadas no método ilustrativo 500, e pode não citar o processo completo ou todas as etapas do método. Embora várias etapas do método 500 sejam descritas a seguir e representadas na Fig. 17, as etapas não precisam necessariamente ser todas realizadas e, em alguns casos, podem ser realizados simultaneamente ou em uma ordem diferente da ordem mostrada.

[0098] Na etapa 502, o método 500 inclui determinar um primeiro formato de uma primeira parte moldada por compressão que deve ser fabricada. Por exemplo, a primeira parte moldada por compressão pode ser um painel interior de aeronave (por exemplo, painel sanduíche 25), e o primeiro formato pode ser determinado com base em informação de projeto de aeronave.

[0099] Na etapa 504, o método 500 inclui fabricar um primeiro membro principal (por exemplo, uma seção intermediária da matriz de compressão convexa tal como a primeira seção intermediária 61) e um primeiro membro de cavidade (por exemplo, uma seção intermediária da matriz de compressão côncava tal como a segunda seção intermediária 66) configurados para cooperativamente moldar por compressão uma primeira peça de trabalho (por exemplo, peça de trabalho 70) no primeiro formato determinado na etapa 502. Tipicamente, o primeiro membro principal e/ou o primeiro membro de cavidade são fabricados por técnicas de fabricação aditiva.

[00100] Na etapa 506, o método 500 inclui montar o primeiro membro principal e o primeiro membro de cavidade em uma estrutura de armação (por exemplo, uma estrutura de armação compreendendo primeira estrutura de armação 63 e segunda estrutura de armação 68). A estrutura de armação suporta o primeiro membro principal e o primeiro membro de cavidade de forma que eles possam ser usados para moldar a primeira peça de trabalho. A

estrutura de armação é uma estrutura genérica configurada para suportar diferentes membros machos e membros fêmeas.

[00101] Na etapa 508, método 500 inclui moldar a primeira peça de trabalho, usando o primeiro membro principal e o primeiro membro de cavidade, para criar a primeira parte moldada por compressão tendo o primeiro formato determinado. Por exemplo, um dispositivo de compressão tal como a prensa 100 pode ser usado para pressionar o primeiro membro de cavidade contra o primeiro membro principal com a primeira peça de trabalho entre os mesmos, de maneira tal que a primeira peça de trabalho seja moldada na primeira parte moldada por compressão. Moldar da primeira peça de trabalho na etapa 508 tipicamente inclui usar um mecanismo de aquecimento para aquecer a primeira peça de trabalho, por meio disso facilitando a moldagem e/ou cura da primeira peça de trabalho.

[00102] Na etapa 510, o método 500 opcionalmente inclui descarta o primeiro membro principal e o primeiro membro de cavidade. Em virtude de substituições do primeiro membro principal e do primeiro membro de cavidade poderem ser aditivamente fabricadas rapidamente a um custo relativamente baixo, pode ser mais barato descarta o primeiro membro principal e primeiro membro de cavidade após o uso (e/ou após um curto período de desuso) do que armazená-las até novamente necessário. Descartar o primeiro membro principal e primeiro membro de cavidade pode incluir reciclar o primeiro membro principal e/ou o primeiro membro de cavidade de forma que o material do qual o membro principal e/ou fêmea foi fabricado possa ser reusado. Por exemplo, o primeiro membro principal e o primeiro membro de cavidade podem ser fundidos, e pelo menos uma porção do material fundido pode ser reusada como matéria-prima para fabricar aditivamente um outro objeto. O material fundido pode ser armazenado e/ou processado (por exemplo, convertido a um pó, fluido, arame e/ou qualquer outra forma adequada) antes de ser reusado.

[00103] Na etapa 512, o método 500 opcionalmente inclui determinar um segundo formato de uma segunda parte moldada por compressão a ser fabricada. A segunda parte moldada por compressão pode ser um painel interior de aeronave (por exemplo, painel sanduíche 25), e o segundo formato pode ser determinado com base em informação de projeto de aeronave.

[00104] Na etapa 514, o método 500 opcionalmente inclui fabricar um segundo membro principal (por exemplo, uma seção intermediária da matriz de compressão convexa tal como a primeira seção intermediária 61) e um segundo membro de cavidade (por exemplo, uma seção intermediária côncava da matriz de compressão tal como a segunda seção intermediária 66) configurada para cooperativamente moldar por compressão uma segunda peça de trabalho (por exemplo, a peça de trabalho 70) no segundo formato determinado na etapa 512. Tipicamente, o segundo membro principal e/ou o segundo membro de cavidade são aditivamente fabricados. O segundo membro principal e/ou o segundo membro de cavidade podem ser parcial ou totalmente fabricados de material obtido por reciclagem do primeiro membro principal e/ou do primeiro membro de cavidade.

[00105] Em alguns exemplos, o segundo formato da segunda parte moldada por compressão é idêntico ou praticamente idêntico ao primeiro formato da primeira parte moldada por compressão. Dessa forma, os segundos membros macho e fêmea podem ser idênticos ou praticamente idênticos aos primeiros membros macho e fêmea. Por exemplo, se os primeiros membros macho e fêmea fossem descartados na etapa 510, e for posteriormente determinado que uma duplicata da primeira parte moldada por compressão é exigida, então os segundos membros macho e fêmea podem ser aditivamente fabricados quando necessário (por exemplo, sob demanda) para moldar por compressão uma segunda parte tendo o mesmo formato da primeira. A segunda peça de trabalho pode incluir o mesmo material e/ou as mesmas camadas de material sanduíche que a primeira peça de trabalho.

[00106] Na etapa 516, o método 500 opcionalmente inclui montar o segundo membro principal e segundo membro de cavidade na estrutura de armação. Em virtude de a estrutura de armação ser uma estrutura de armação genérica, ela suporta os segundos membros macho e fêmea que são diferentes dos primeiros membros macho e fêmea bem como os segundos membros macho e fêmea que são substancialmente idênticos aos primeiros membros.

[00107] Na etapa 518, o método opcionalmente inclui moldar a segunda peça de trabalho na segunda parte moldada por compressão usando o segundo membro principal e o segundo membro de cavidade. A etapa 518 tipicamente inclui usar um dispositivo de compressão e um mecanismo de aquecimento para moldar por compressão a segunda parte. O dispositivo de compressão e/ou mecanismo de aquecimento usados na etapa 518 podem ser o mesmo dispositivo de compressão e/ou mecanismo de aquecimento usado na etapa 508.

[00108] O método 500 pode ser um exemplo de fabricação limpa. Por exemplo, fabricação de componentes de matriz de compressão sob demanda (por exemplo, quando e/ou onde os componentes são necessários) pode reduzir e/ou eliminar a necessidade de armazenar um grande inventário de diferentes componentes de matriz. Em virtude de os componentes de matriz poderem ser fabricados com um tempo de entrega relativamente pequeno, os componentes podem ser feitos de acordo com o pedido (por exemplo, o componente pode ser feito quando uma necessidade do componente ficar aparente, em vez de por antecipação de uma necessidade como essa). Dessa forma, o risco de fabricar um componente de matriz desnecessário é reduzido em relação a métodos convencionais de fabricação de componentes de matriz. Componentes de matriz podem também ser fabricados no local ou próximos ao local onde eles serão usados. Por exemplo, os componentes de matriz podem ser fabricados perto de um dispositivo de compressão que é difícil ou impossível ser movimentado para um outro local. Dessa forma, o método 500

economiza tempo e energia que de outra forma teria que ser gasta no transporte dos componentes de matriz para o local onde eles devem ser usados. Reciclagem de material dos primeiros membros macho e fêmea para criar pelo menos parcialmente os segundos membros macho e fêmea também reduz material residual, de acordo com princípios de fabricação limpa e sustentabilidade ambiental.

F. Combinações ilustrativas e Exemplos adicionais

[00109] Esta seção descreve aspectos e recursos adicionais de um aparelho de matriz de compressão combinada tendo componentes aditivamente fabricados, apresentados sem limitação como uma série de parágrafos, alguns ou todos os quais podem ser alfanumericamente designados para clareza e eficiência. Cada desses parágrafos pode ser combinado com um ou mais outros parágrafos, e/ou com descrição de qualquer lugar neste pedido de qualquer maneira adequada. Alguns dos parágrafos a seguir se referem expressamente a e adicionalmente limitam outros parágrafos, provendo sem limitação exemplos de algumas das combinações adequadas.

[00110] A0. Um aparelho de matriz de compressão combinada, compreendendo um primeiro componente de matriz aditivamente fabricado tendo uma primeira seção intermediária configurada para moldar um contorno em um primeiro lado de uma peça de trabalho, um segundo componente de matriz aditivamente fabricado tendo uma segunda seção intermediária configurada para moldar um contorno em um segundo lado da peça de trabalho, um mecanismo de aquecimento configurado para aquecer as primeira e segunda seções intermediárias suficientemente para curar a peça de trabalho em um formato desejado, e um dispositivo de compressão configurado para aplicar uma força direcionando as primeira e segunda seções intermediárias uma contra a outra.

[00111] A1. O aparelho de parágrafo A0, em que as as primeira e

segunda seções intermediárias são compreendidas de um material polimérico.

[00112] A1a. O aparelho de parágrafo A1, em que o material polimérico inclui um material polimérico puro e/ou um material polimérico reforçado.

[00113] A1b. O aparelho de parágrafo A1, em que o material polimérico inclui um material termoplástico ou de termocura, puro e/ou reforçado.

[00114] A2. O aparelho de parágrafo A0, em que as primeira e segunda seções intermediárias são compreendidas de um material metálico.

[00115] A3. O aparelho de qualquer um dos parágrafos A0 a A2, em que o mecanismo de aquecimento inclui uma primeira manta de aquecimento conectada a um lado inferior da primeira seção intermediária, e uma segunda manta de aquecimento conectada a um lado superior da segunda seção intermediária.

[00116] A4. O aparelho de qualquer um dos parágrafos A0 a A3, em que cada dos componentes de matriz tem uma estrutura de armação rígida configurada para suportar seções intermediárias intercambiáveis para moldar peças de trabalho de diferentes formatos.

[00117] A5. O aparelho de qualquer um dos parágrafos A0 a A4, em que as primeira e segunda seções intermediárias são configuradas para moldar um painel interior para uma aeronave.

[00118] A6. O aparelho de qualquer um dos parágrafos A0 a A5, em que as primeira e segunda seções intermediárias são configuradas para moldar em núcleo esmagado um painel compósito sanduíche de termocura de núcleo alveolar.

[00119] A6a. O aparelho de qualquer um dos parágrafos A0 a A5, em que as primeira e segunda seções intermediárias são configuradas para moldar um painel de parede termoplástico.

[00120] A7. O aparelho de qualquer um dos parágrafos A0 a A6, em

que as primeira e segunda seções intermediárias e mantas de aquecimento correspondentes são configuradas para aquecer uma peça de trabalho até uma temperatura entre 93,3 e 148,9 °C (200 e 300 graus Fahrenheit).

[00121] A8. O aparelho de qualquer um dos parágrafos A0 a A7, em que o dispositivo de compressão inclui uma prensa configurada para aplicar uma pressão de pelo menos 0,345 MPa (50 libras por polegada quadrada) forçando as seções intermediárias uma contra a outra.

[00122] A9. O aparelho de qualquer um dos parágrafos A0 a A8, em que o aparelho pesa menos que 454 kg (1.000 libras).

[00123] A10. O aparelho de qualquer um dos parágrafos A0 a A8, em que o aparelho pesa menos que 227 kg (500 libras).

[00124] B0. Um aparelho de matriz de compressão combinada, compreendendo um membro principal, um membro de cavidade, o membro principal e o membro de cavidade sendo configurados para cooperativamente modelar lados opostos de um painel, uma primeira estrutura de armação configurada para suportar o membro principal, uma segunda estrutura de armação configurada para suportar o membro de cavidade, em que as estruturas de armação são genéricas, os membros macho e fêmea sendo seletivamente montados nas estruturas de armação correspondentes e configurados para moldar um formato de painel específico.

[00125] B1. O aparelho de parágrafo B0, em que membros macho e fêmea são feitos por fabricação aditiva.

[00126] B2. O aparelho de qualquer um dos parágrafos B0 a B1, em que os membros macho e fêmea são feitos de um material metálico.

[00127] B3. O aparelho de qualquer um dos parágrafos B0 a B1, em que os membros macho e fêmea são feitos de um material polimérico.

[00128] B3a. O aparelho de parágrafo B3, em que o material polimérico inclui um material polimérico puro e/ou um material polimérico reforçado.

[00129] B3b. O aparelho de parágrafo B3, em que o material polimérico inclui um material termoplástico ou de termocura, puro e/ou reforçado.

[00130] B4. O aparelho de qualquer um dos parágrafos B0 a B3, compreendendo adicionalmente um dispositivo de compressão configurado para aplicar uma força direcionando os membros macho e fêmea um contra o outro.

[00131] B5. O aparelho de qualquer um dos parágrafos B0 a B4, compreendendo adicionalmente uma primeira manta de aquecimento conectada a um lado inferior do membro principal, e uma segunda manta de aquecimento conectada a um lado superior do membro de cavidade.

[00132] C0. Um método para fabricar uma matriz de molde de compressão combinada, compreendendo fabricar aditivamente um membro principal, fabricar aditivamente um membro de cavidade, conectar um primeiro elemento de aquecimento ao membro principal, conectar um segundo elemento de aquecimento ao membro de cavidade, e montar os membros macho e fêmea em uma estrutura de armação configurada para moldar uma peça de trabalho.

[00133] C1. O método de parágrafo C0, em que a estrutura de armação é genérica, a etapa de montar incluindo intercambiar diferentes membros macho e fêmea na estrutura de armação para fabricar diferentes configurações de painel.

[00134] C2. O método de qualquer um dos parágrafos C0 a C1, em que os membros macho e fêmea são feitos de um material metálico.

[00135] C3. O método de qualquer um dos parágrafos C0 a C1, em que os membros macho e fêmea são feitos de um material polimérico.

[00136] C3a. O método de parágrafo C3, em que o material polimérico inclui um material polimérico puro e/ou um material polimérico reforçado.

[00137] C3b. O método de parágrafo C3, em que o material polimérico

inclui um material termoplástico ou de termocura, puro e/ou reforçado.

[00138] D0. Um método para fabricar uma parte moldada por compressão, compreendendo determinar um primeiro formato de uma primeira parte moldada por compressão a ser fabricada; fabricar um primeiro membro principal e um primeiro membro de cavidade configurados para cooperativamente moldar por compressão uma primeira peça de trabalho no primeiro formato determinado; montar o primeiro membro principal e o primeiro membro de cavidade em uma estrutura de armação; e moldar a primeira peça de trabalho, usando o primeiro membro principal e o primeiro membro de cavidade, para criar a primeira parte moldada por compressão tendo o primeiro formato determinado.

[00139] D1. O método de parágrafo D0, em que fabricar o primeiro membro principal e o primeiro membro de cavidade inclui fabricar aditivamente o primeiro membro principal e o primeiro membro de cavidade.

[00140] D2. O método de qualquer um dos parágrafos D0 a D1, compreendendo adicionalmente, após a etapa de prensagem, descartar o primeiro membro principal e o primeiro membro de cavidade.

[00141] D3. O método de qualquer um dos parágrafos D0 a D2, em que a primeira parte moldada por compressão é um painel interior para uma aeronave.

[00142] D4. O método de qualquer um dos parágrafos D0 a D3, compreendendo adicionalmente determinar um segundo formato de uma segunda parte moldada por compressão a ser fabricada; fabricar um segundo membro principal e um segundo membro de cavidade configurados para cooperativamente moldar por compressão uma segunda peça de trabalho no segundo formato determinado; montar o segundo membro principal e o segundo membro de cavidade na estrutura de armação; e moldar a segunda peça de trabalho, usando o segundo membro principal e o segundo membro de cavidade, para criar a segunda parte moldada por compressão tendo o

segundo formato determinado.

[00143] D5. O método de parágrafo D4, em que fabricar o segundo membro principal e o segundo membro de cavidade inclui fabricar aditivamente o segundo membro principal e o segundo membro de cavidade.

[00144] D6. O método de qualquer um dos parágrafos D4 a D5, em que o segundo formato é idêntico ao primeiro formato.

[00145] D7. O método de qualquer um dos parágrafos D4 a D6, em que a segunda parte moldada por compressão é um painel de aeronave.

Vantagens, Recursos e Benefícios

[00146] As diferentes modalidades e exemplos do aparelho de matriz de compressão combinada descritos aqui proporcionam diversas vantagens em relação a soluções conhecidas para moldar por compressão painéis de aeronave de termocura e/ou outras partes. Por exemplo, modalidades e exemplos ilustrativos descritos aqui permitem que os componentes de ferramenta de matriz de compressão sejam produzidos a uma velocidade relativamente alta e baixo custo comparados a métodos de produção tradicionais, especialmente em casos onde os componentes de ferramenta de matriz de compressão são configurados para moldar por compressão partes tendo contornos complexos.

[00147] Adicionalmente, e entre outros benefícios, modalidades e exemplos ilustrativos descritos aqui permitem fabricar componentes de matriz de compressão tendo seções intermediárias intercambiáveis (por exemplo, membros fêmeas e macho intercambiáveis) suportáveis por seções de armação genéricas. Dessa forma, modalidades e exemplos ilustrativos descritos aqui permitem que ferramentas de matriz de compressão configuradas para moldar diferentes partes sejam fabricadas de forma relativamente rápida e fácil, e sejam armazenadas em uma quantidade de espaço relativamente pequena.

[00148] Adicionalmente, e dentro outros benefícios, modalidades e

exemplos ilustrativos descritos aqui permitem que componentes de matriz de compressão, ou porções da mesma, sejam tratados como descartáveis. Em virtude de componentes de matriz aditivamente fabricados, e/ou seções intermediárias de componentes de matriz, serem fabricados de maneira relativamente rápida e barata, é em alguns casos viável fabricar os componentes (e/ou seções intermediárias de componente) sob demanda e descartá-los após uso em vez de armazená-los.

[00149] Adicionalmente, e entre outros benefícios, modalidades e exemplos ilustrativos descritos aqui permite que componentes de matriz de compressão sejam fabricados de forma barata mesmo em situações onde é de se esperar que os componentes sejam usados para moldar por compressão um pequeno número de partes. Por exemplo, componentes de matriz de compressão podem ser fabricados que são configurados para moldar por compressão um pequeno número de painéis de substituição para modelos de aeronave que não estão sendo mais produzidos. Ao contrário, componentes de matriz de compressão convencionais são tão caros e demorados de fabricar que tipicamente não é viável fabricar componentes que serão usados para moldar apenas um pequeno número de partes.

[00150] Adicionalmente, e dentro outros benefícios, modalidades e exemplos ilustrativos descritos aqui permitem que componentes de ferramenta de matriz de compressão sejam fabricados ainda descartando menos material do que é tipicamente gasto em técnicas de fabricação subtrativas.

[00151] Adicionalmente, e entre outros benefícios, modalidades e exemplos ilustrativos descritos aqui permitem a fabricação de componentes de ferramenta de matriz de compressão que são significativamente mais leves que componentes tradicional. Dessa forma, os componentes de ferramenta de matriz de compressão da presente descrição podem ser movimentados em torno de um ambiente de fabricação para maior flexibilidade durante fabricação de partes moldadas por compressão. Por exemplo, seções

intermediárias intercambiáveis dos componentes de matriz de compressão podem facilmente ser movimentados de um espaço de armazenamento para um dispositivo de compressão, e então de volta para o armazenamento. O espaço de armazenamento poderia ser um espaço de armazenamento remoto distante do dispositivo de compressão. Os componentes de ferramenta de matriz de compressão descritos aqui podem também ser usados com um dispositivo de compressão menos potente do que é exigido para componentes de ferramenta tradicionais, especialmente em casos onde o dispositivo de compressão é configurado para levantar um ou mais componentes de ferramenta.

[00152] Nenhum sistema ou dispositivo conhecido pode realizar essas funções. Entretanto, nem todas as modalidades e exemplos descritos aqui provêm as mesmas vantagens ou o mesmo grau de vantagem.

Conclusão

[00153] A descrição aqui apresentada pode englobar múltiplos distintos exemplos com utilidade independente. Embora cada desses tenha sido descrito em sua(s) forma(s) preferida(s), as modalidades específicas dos mesmos como descrito e ilustrado aqui não são devem ser consideradas em um sentido limitante, em virtude de inúmeras variações serem possíveis. Até o ponto em que os títulos de seção são usados nesta descrição, tais títulos têm propósitos apenas organizacionais. A matéria objeto da descrição inclui todas combinações e subcombinações inovadores e não óbvios dos vários elementos, recursos, funções e/ou propriedades descritos aqui. As reivindicações seguintes particularmente salientam certas combinações e subcombinações consideradas inovadoras e não óbvias. Outras combinações e subcombinações de recursos, funções, elementos e/ou propriedades podem ser reivindicados em pedidos que reivindicam prioridade deste ou de um pedido relacionado. Tais reivindicações, quer mais abrangentes, mais restritas, iguais, ou diferentes quanto ao escopo das reivindicações originais também são

consideradas incluídas na matéria objeto da presente descrição.

REIVINDICAÇÕES

1. Aparelho de matriz de compressão combinada (50), caracterizado pelo fato de que compreende:

um primeiro componente de matriz aditivamente fabricado (55) tendo uma primeira seção intermediária (61) configurada para moldar um contorno em um primeiro lado de uma peça de trabalho (70),

um segundo componente de matriz aditivamente fabricado (56) tendo uma segunda seção intermediária (66) configurada para moldar um contorno em um segundo lado (72) da peça de trabalho (70),

um mecanismo de aquecimento (58) configurado para aquecer as primeira e segunda seções intermediárias (61, 66) suficientemente para curar a peça de trabalho (70) em um formato desejado, e

um dispositivo de compressão (57) configurado para aplicar uma força direcionando as primeira e segunda seções intermediárias (61, 66) uma contra a outra,

em que o mecanismo de aquecimento (58) inclui uma primeira manta de aquecimento (87) contactando uma superfície de não formação (93) oposta a uma primeira superfície de formação (73) da primeira seção intermediária (61), e uma segunda manta de aquecimento contactando uma superfície de não formação (96) oposta a uma segunda superfície de formação (76) da segunda seção intermediária (66).

2. Aparelho (50) de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que as primeira e segunda seções intermediárias (61, 66) são compreendidas de um material polimérico.

3. Aparelho (50) de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que as primeira e segunda seções intermediárias (61, 66) são compreendidas de um material metálico.

4. Aparelho (50) de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que cada dos componentes de matriz tem uma

estrutura de armação rígida aberta configurada para suportar seções intermediárias intercambiáveis para moldar peças de trabalho (70) de diferentes formatos.

5. Aparelho (50) de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que as primeira e segunda seções intermediárias (61, 66) são configuradas para moldar um painel interior para uma aeronave.

6. Aparelho (50) de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que as primeira e segunda seções intermediárias (61, 66) são configuradas para moldar em núcleo esmagado um painel compósito sanduíche de termocura de núcleo alveolar.

7. Aparelho (50) de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que as primeira e segunda seções intermediárias (61, 66) e mantas de aquecimento correspondentes são configuradas para aquecer uma peça de trabalho (70) até uma temperatura entre 93,3 a 148,9 °C (200 a 300 graus Fahrenheit).

8. Aparelho (50) de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o dispositivo de compressão (57) inclui uma prensa configurada para aplicar uma pressão de pelo menos 0,345 MPa (50 libras por polegada quadrada) forçando as seções intermediárias uma contra a outra.

9. Aparelho (50) de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o aparelho pesa menos que 454 kg (1.000 libras).

10. Aparelho (50) de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que cada uma das primeira e segunda mantas de aquecimento (87, 90) inclui um sistema de manta de aquecimento multizonal.

11. Aparelho (50) de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que cada uma das primeira e segunda mantas de aquecimento (87, 90) é colada de forma adesiva à respectiva superfície de não

formação (93, 96).

12. Aparelho (50) de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que cada uma das primeira e segunda mantas de aquecimento (87, 90) inclui um ou mais susceptores inteligentes configurados para manter uma temperatura dentro de uma faixa predeterminada na respectiva manta de aquecimento.

13. Método (400) para fabricar uma matriz de molde de compressão combinada, caracterizado pelo fato de que compreende:

fabricar aditivamente (402) um membro principal compreendendo uma primeira seção intermediária (61) de um primeiro componente de matriz (55),

fabricar aditivamente (404) um membro de cavidade compreendendo uma segunda seção intermediária (66) de um segundo componente de matriz (56),

montar o membro principal em uma primeira estrutura de armação aberta, incluindo uma porção de armação periférica definindo uma abertura central que fornece acesso a um lado de não formação do membro principal,

conectar (406) uma primeira manta de aquecimento (87) ao lado de não formação do membro principal,

montar o membro de cavidade em uma segunda estrutura de armação aberta, incluindo uma porção de armação periférica definindo uma abertura central que fornece acesso a um lado de não formação do membro de cavidade,

conectar (408) uma segunda manta de aquecimento (90) ao lado de não formação do membro de cavidade, e

configurar o membro principal e o membro de cavidade montados (410) em suas respectivas estruturas de armação rígida para moldar uma peça de trabalho (70).

14. Método (400) de acordo com a reivindicação 13, caracterizado pelo fato de que a estrutura de armação rígida é genérica, a etapa de montar incluindo intercambiar diferentes primeiro e segundo componentes de matriz (55, 56) na estrutura de armação rígida para fabricar diferentes configurações de painel.

15. Método (400) de acordo com a reivindicação 13 ou 14, caracterizado pelo fato de que os primeiro e segundo componentes de matriz (55, 56) são feitos de um material metálico ou um material polimérico.

16. Método (400) de acordo com qualquer uma das reivindicações 13 a 15, caracterizado pelo fato de que compreende adicionalmente comprimir os primeiro e segundo componentes de matriz (55, 56) um contra o outro.

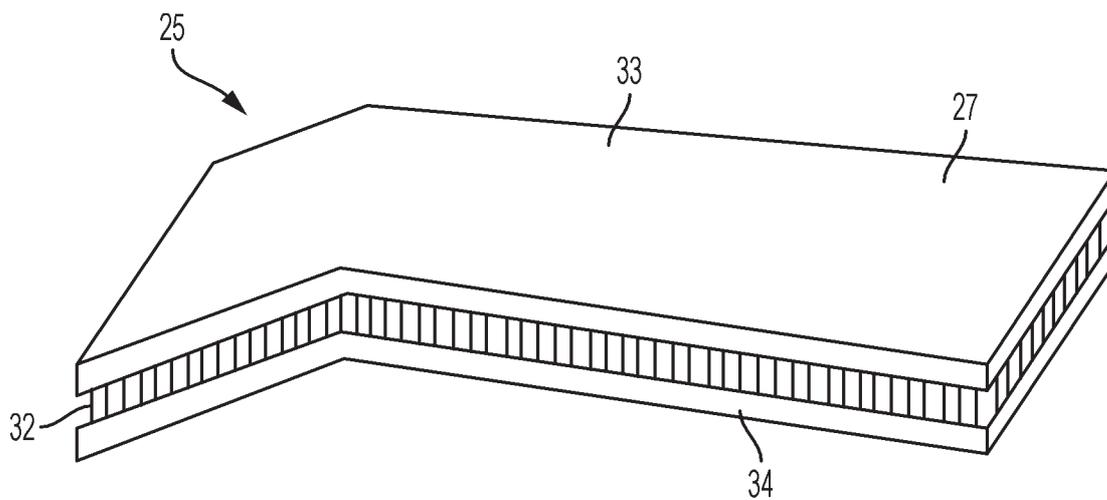


FIG. 1

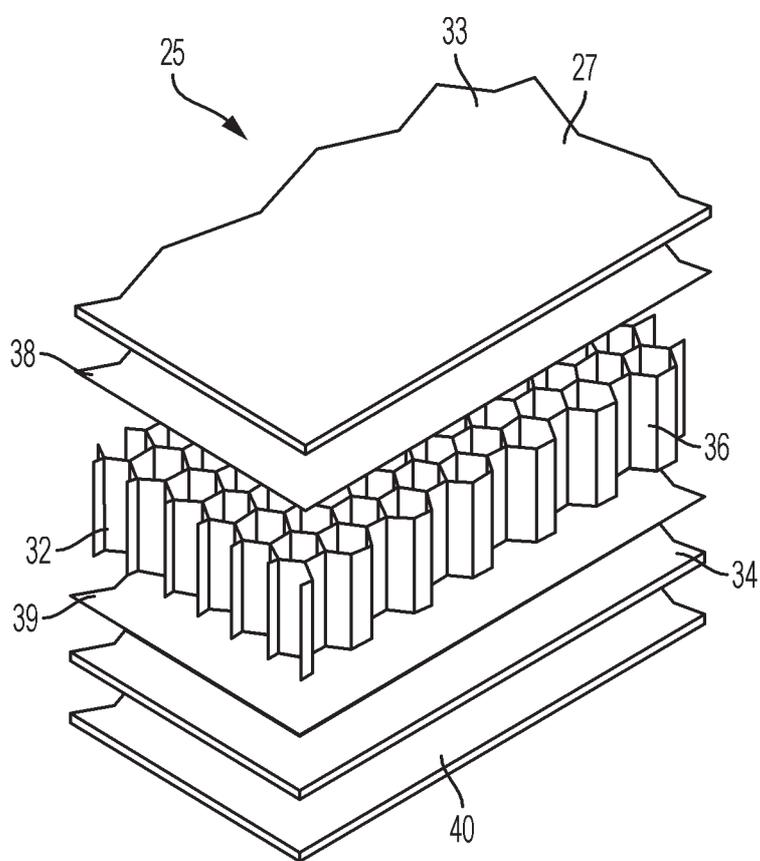


FIG. 2

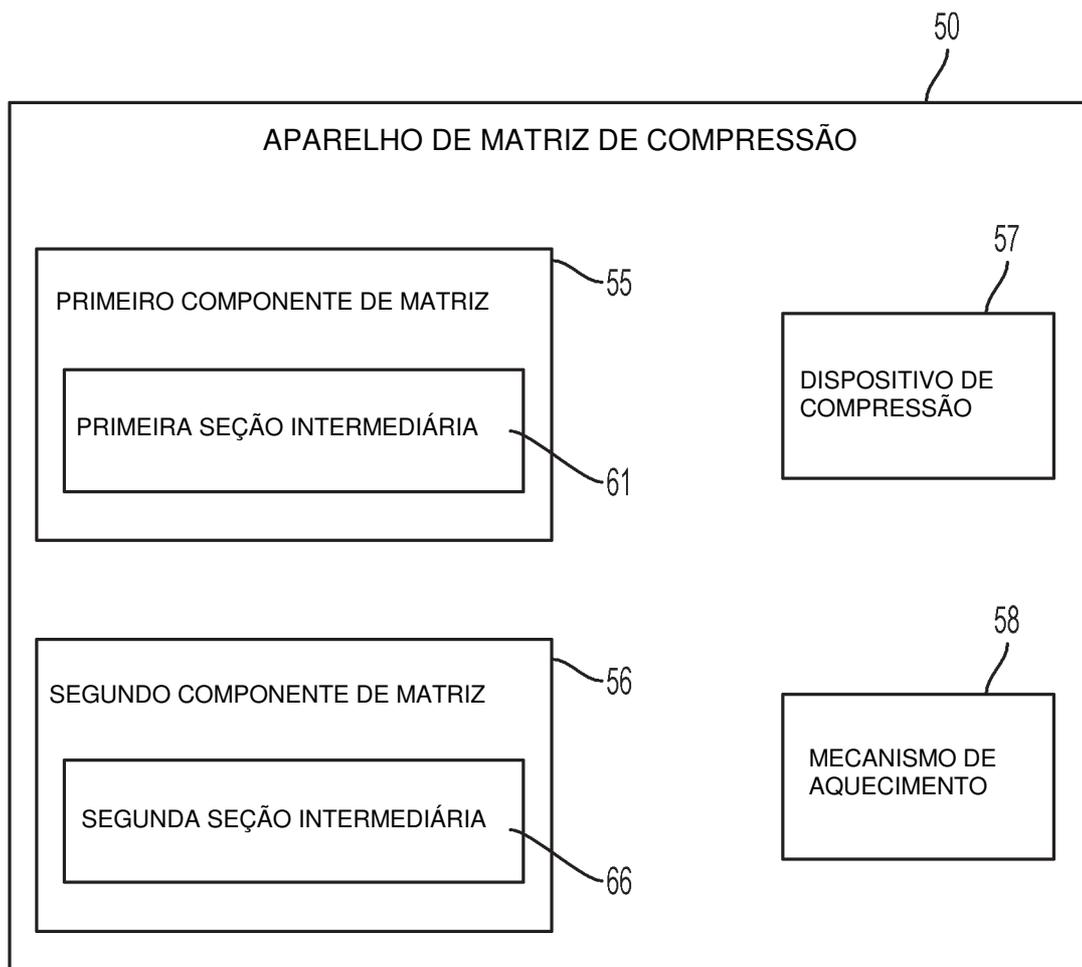


FIG. 3

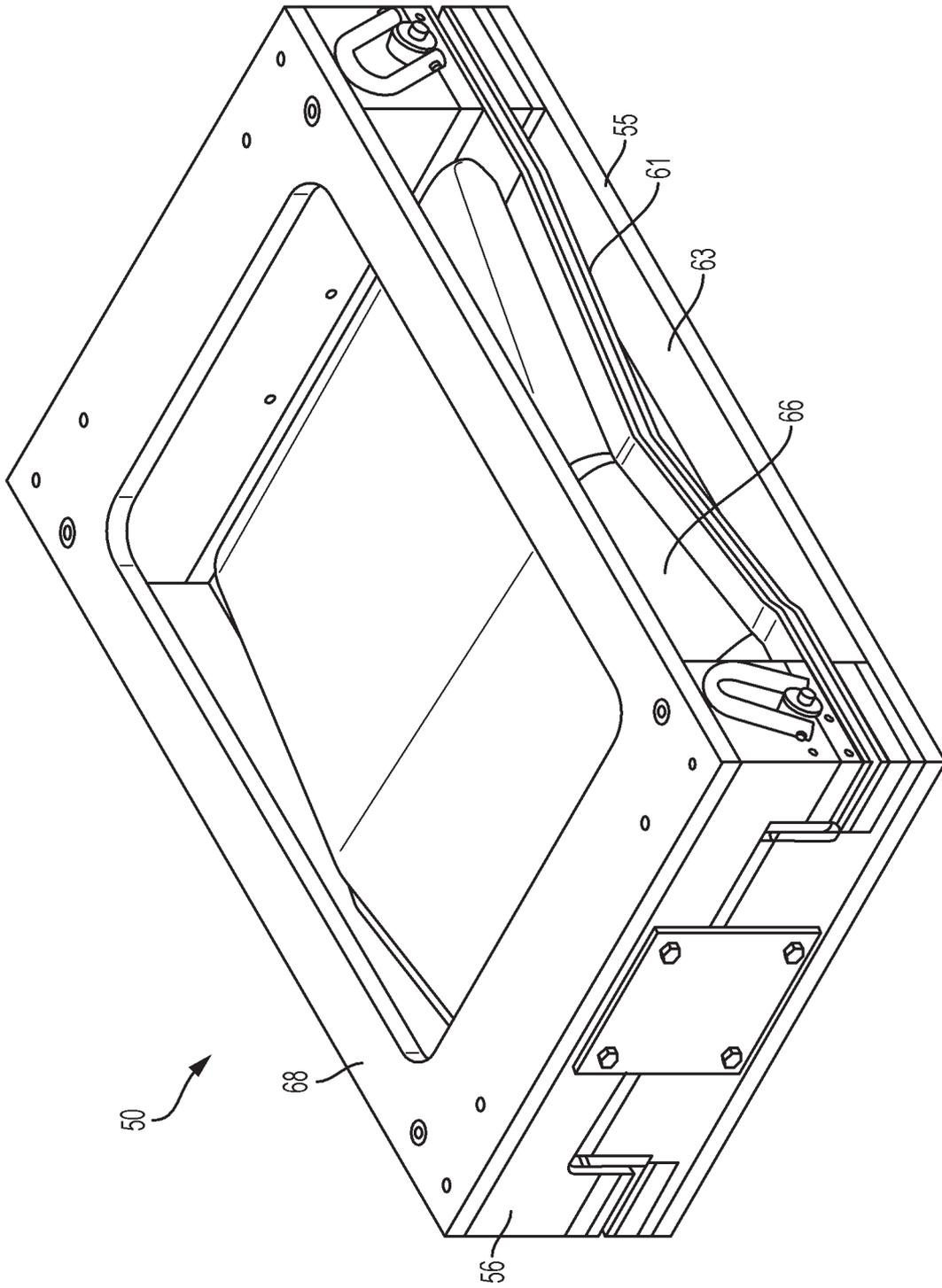


FIG. 4

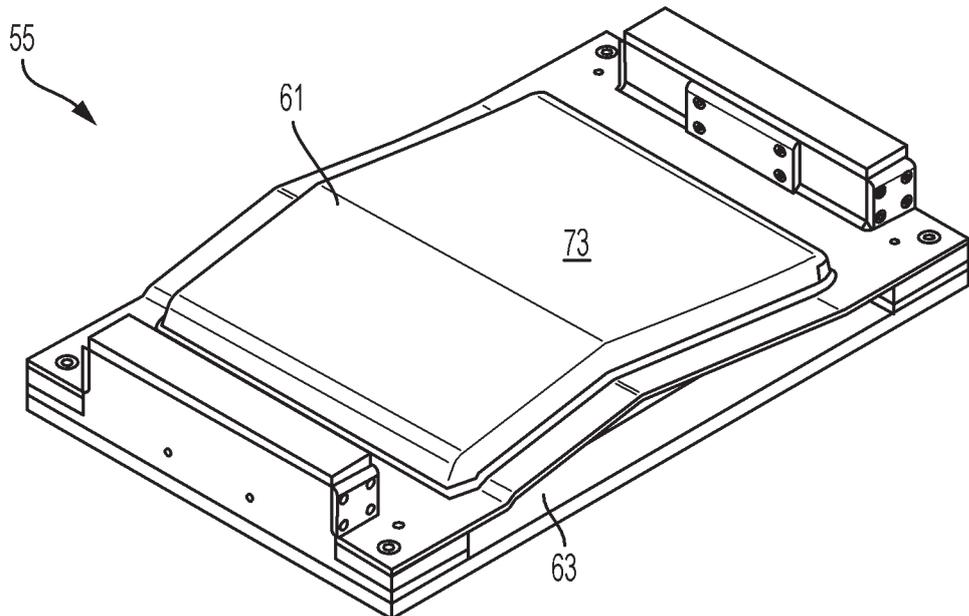
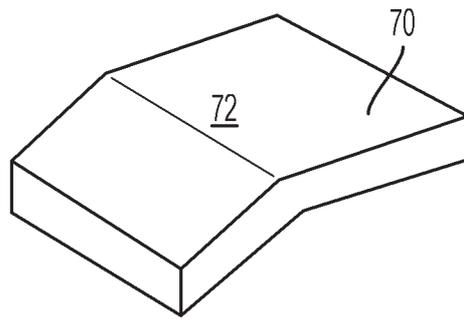
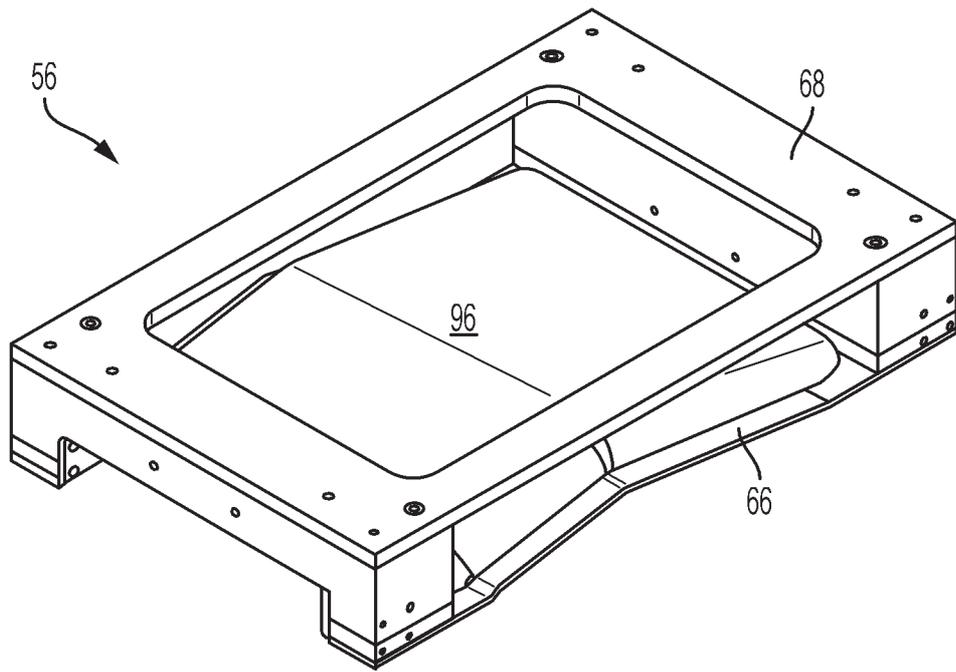


FIG. 5

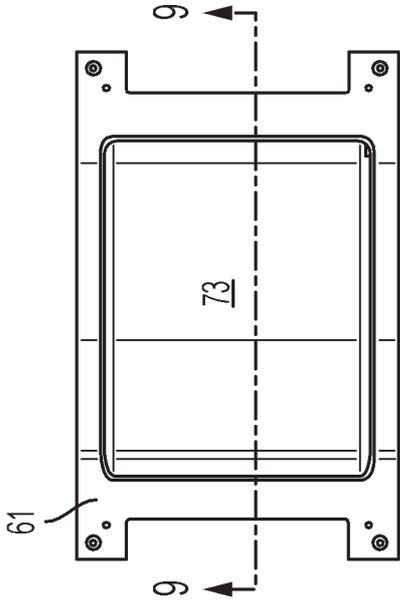


FIG. 7

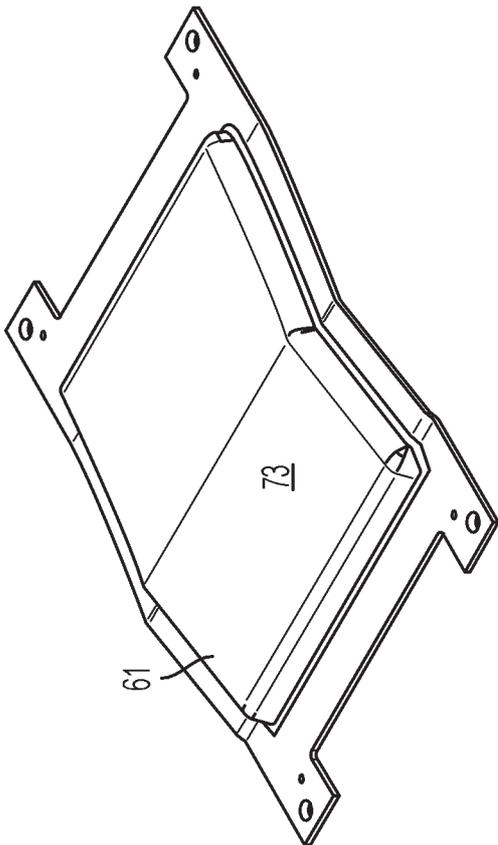


FIG. 6

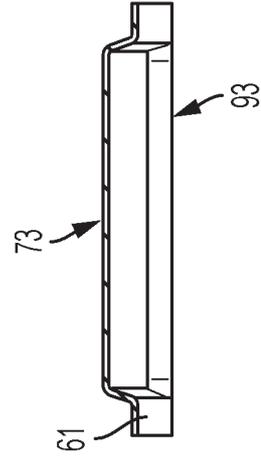


FIG. 10

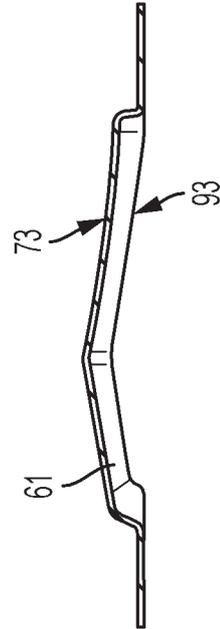


FIG. 9

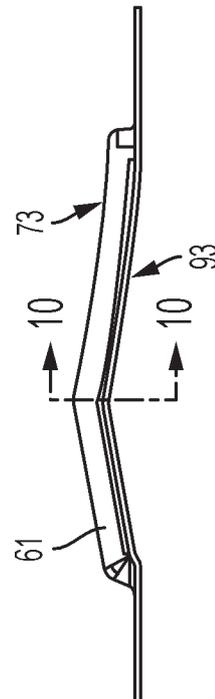


FIG. 8

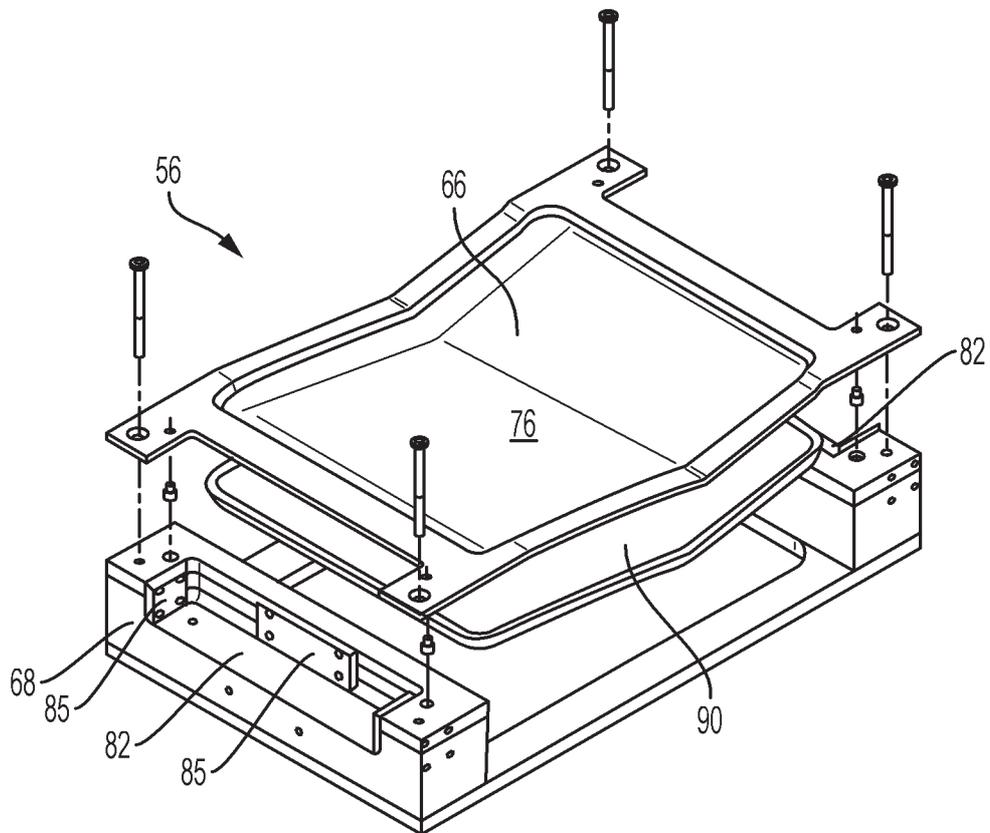


FIG. 11

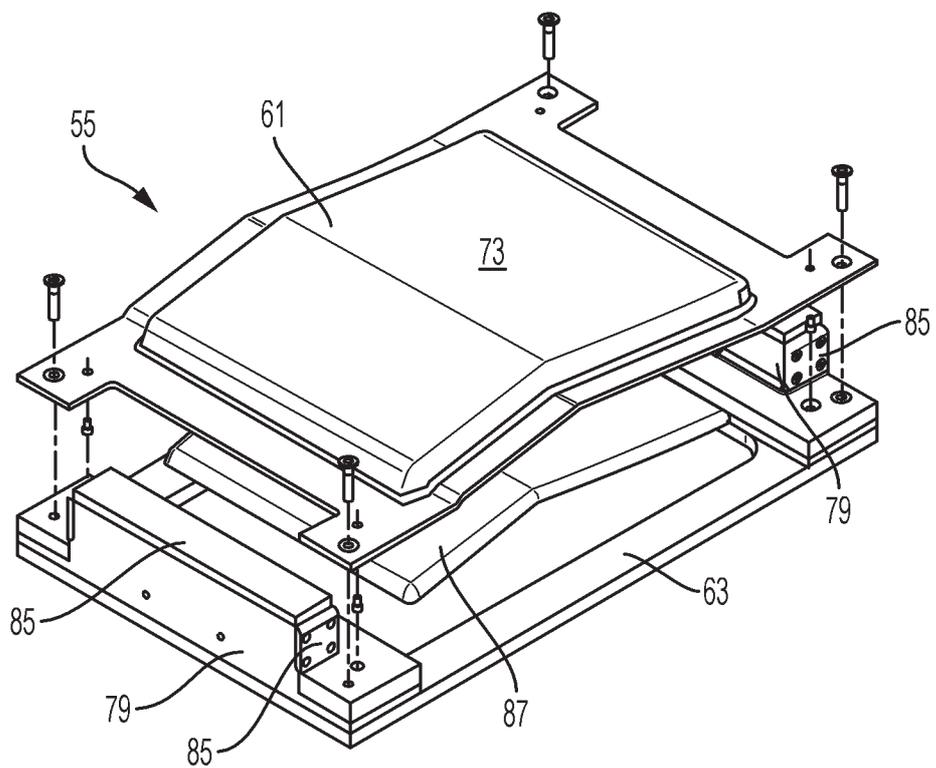


FIG. 12

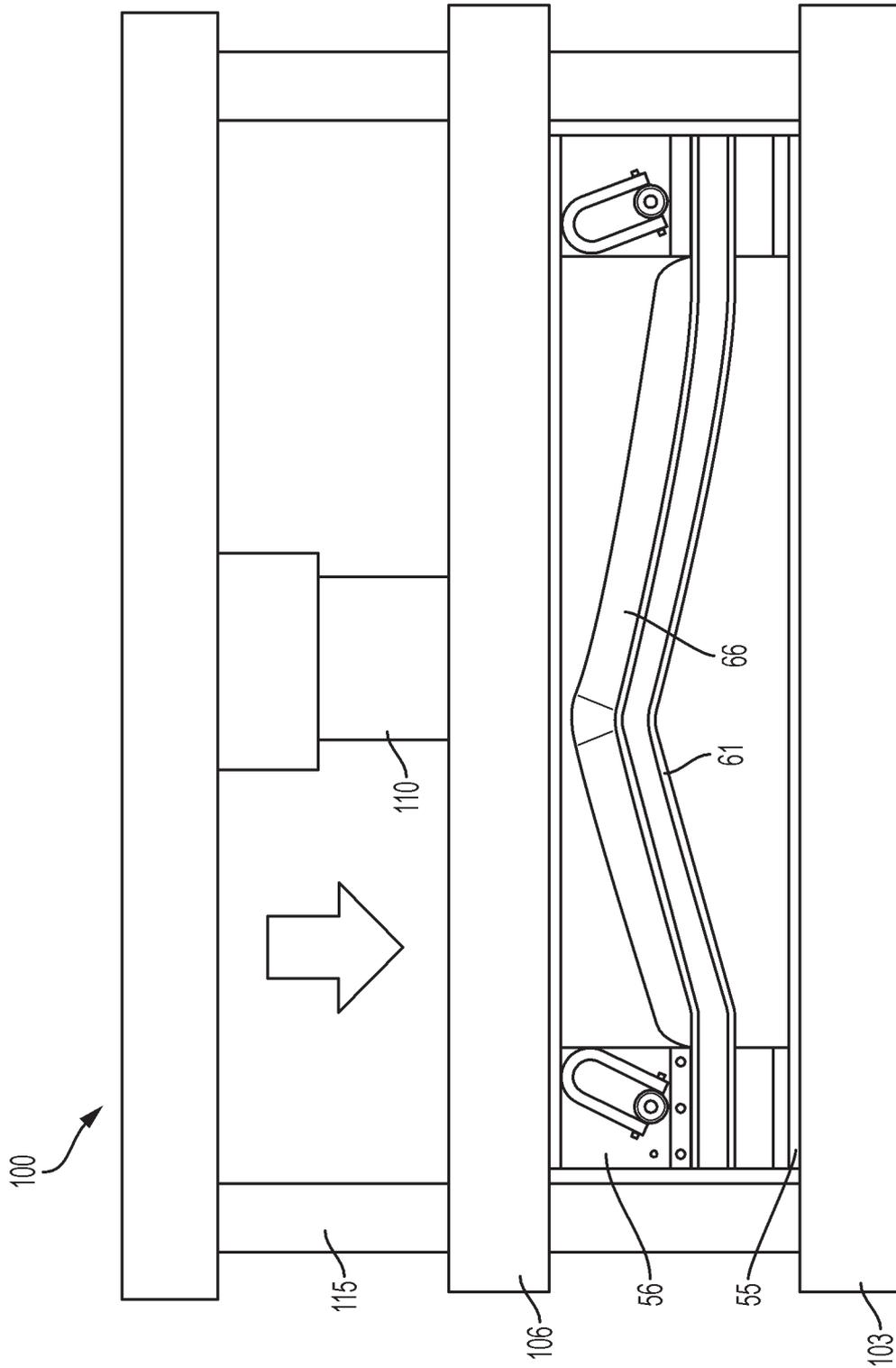


FIG. 13

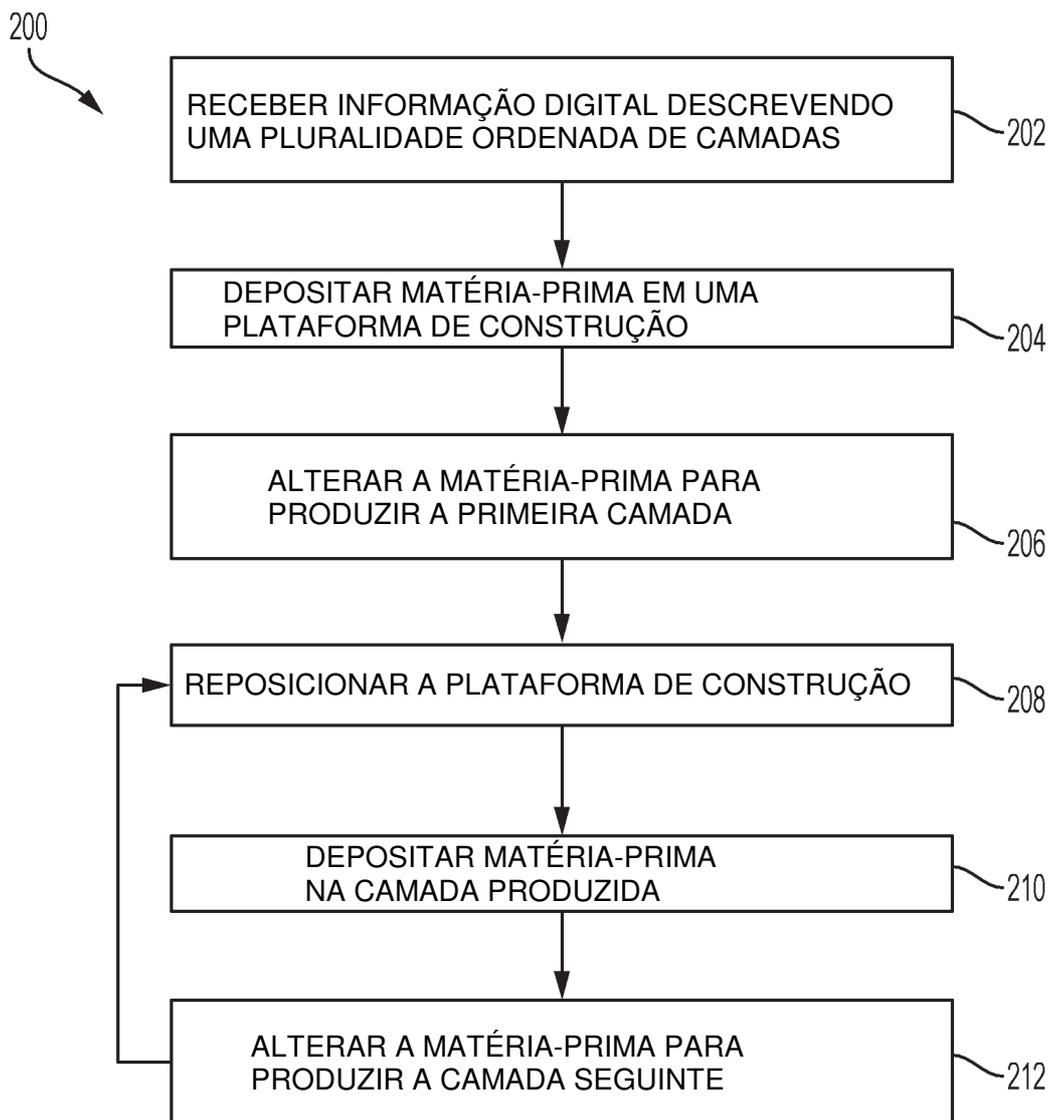


FIG. 14

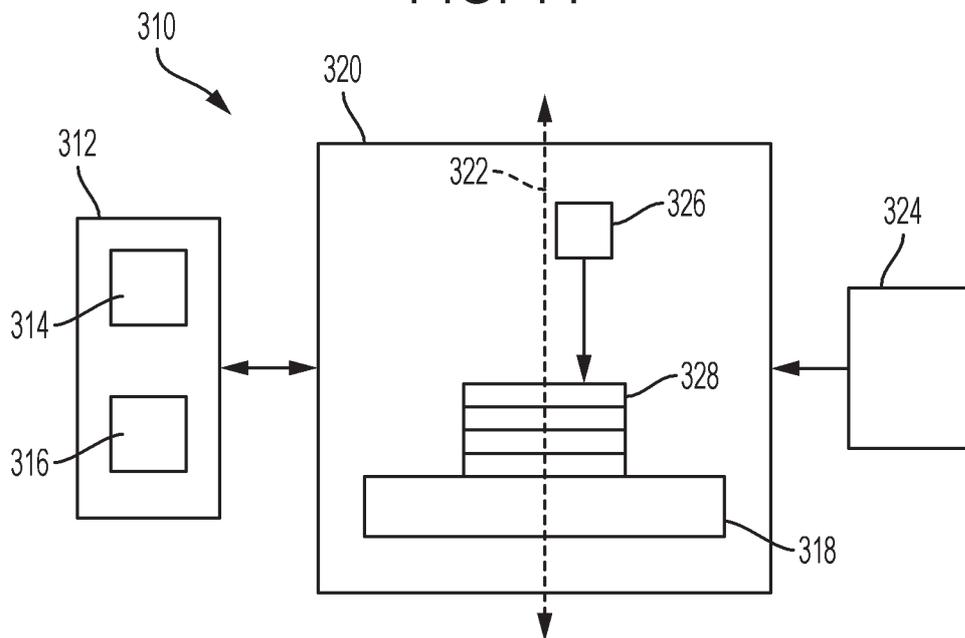


FIG. 15

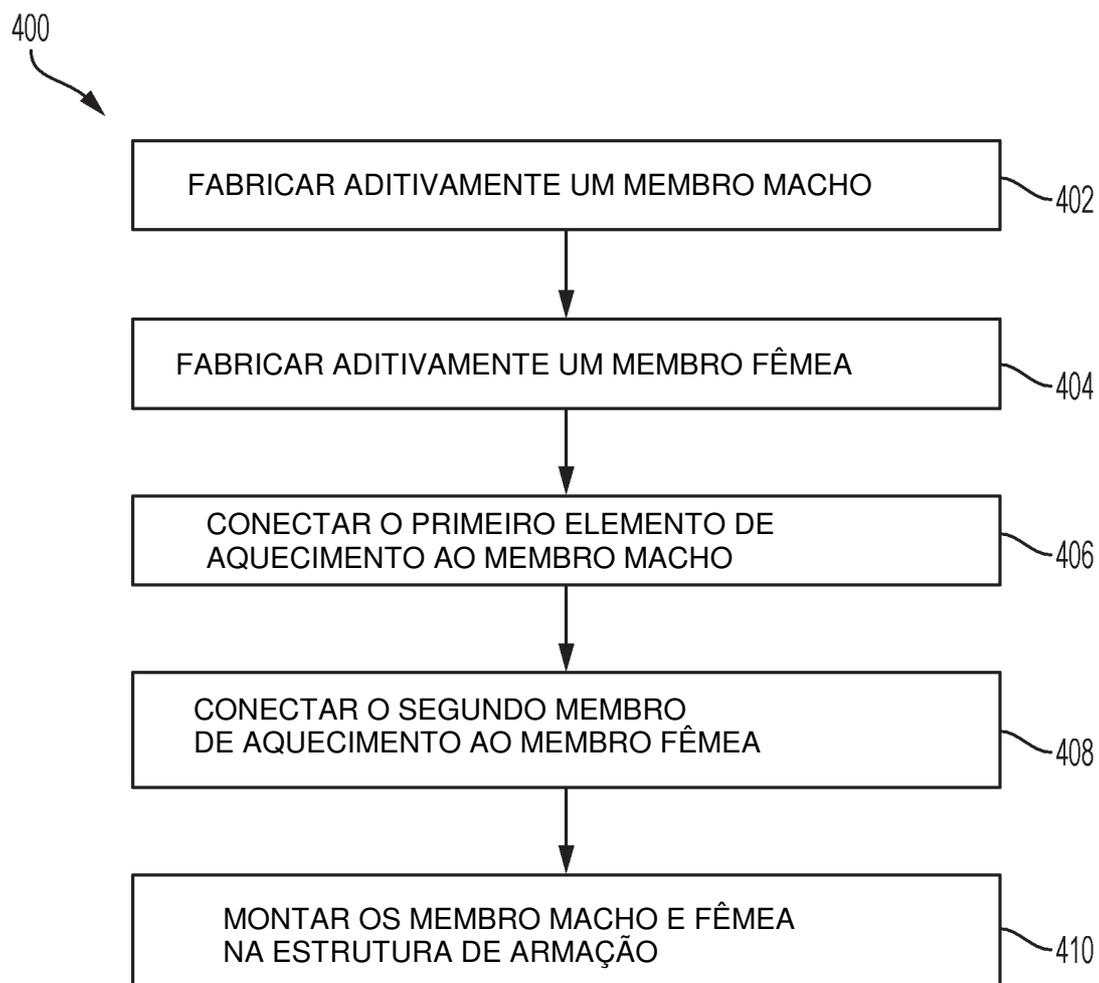


FIG. 16

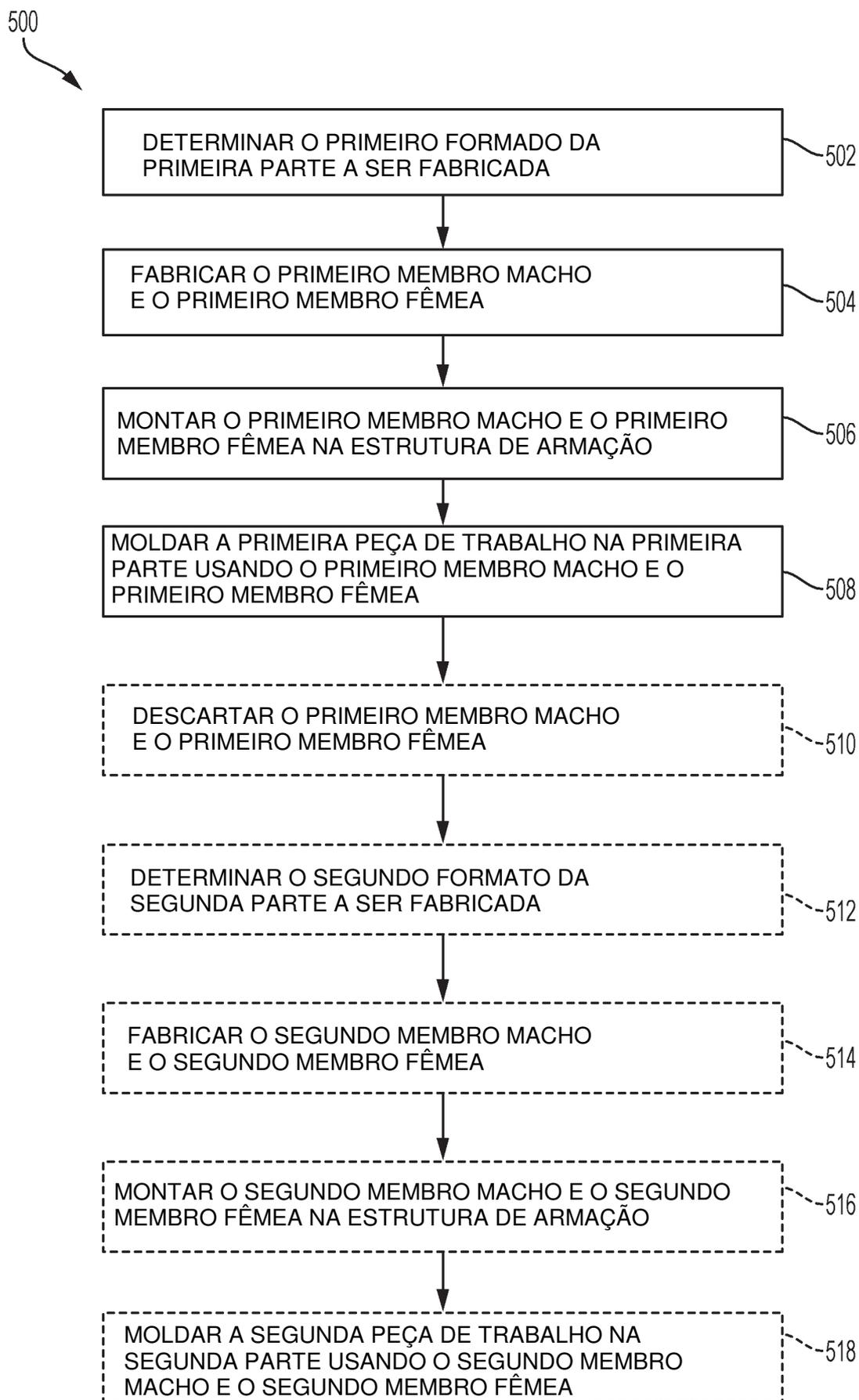


FIG. 17