



República Federativa do Brasil

Ministério do Desenvolvimento, Indústria,
Comércio e Serviços

Instituto Nacional da Propriedade Industrial



(11) BR 102017022393-0 B1

(22) Data do Depósito: 18/10/2017

(45) Data de Concessão: 11/07/2023

(54) Título: DISPOSITIVO E, MÉTODO PARA FIXAR ESTRUTURAS

(51) Int.Cl.: B23P 21/00; B21J 15/14; B64F 5/10.

(52) CPC: B23P 21/004; B23P 21/00; B23P 2700/01; B21J 15/142; B64F 5/10.

(30) Prioridade Unionista: 30/11/2016 US 15/365,441.

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

(72) Inventor(es): KWOK TUNG CHAN; TANNI SISCO; JOHN HARTMANN; SCOTT CHARLES TOMCHICK; FRANK CHARLES MESTEMACHER; RILEY HANSONSMITH.

(57) Resumo: Uma pista de vácuo de contorno composto e uma máquina de fixação automatizada que utiliza a pista, para automação da montagem final dentro de uma fuselagem de aeronave. A pista é montada formando um ângulo com uma superfície, tal como uma superfície interna da fuselagem, em que a superfície possui um ou mais furos através dos quais fixadores são inseridos. A máquina de fixação automática é montada na pista para atravessar a pista enquanto realiza funções e etapas de fixação. A máquina de fixação automática inclui um chassi, braço, e efetor de extremidade, em que o braço é montado no chassi para posicionamento do braço e o efetor de extremidade é montado no braço. O chassi é anexado à pista para posicionamento do braço e do efetor de extremidade, o braço é anexado ao chassi para posicionamento do efetor de extremidade, e o efetor de extremidade é anexado ao braço para instalação dos fixadores nos furos da superfície.

“DISPOSITIVO E, MÉTODO PARA FIXAR ESTRUTURAS”

INFORMAÇÃO DE FUNDAMENTOS

1. Campo

[001] A presente invenção se refere a automação no nível da fábrica e, em particular, a uma pista de vácuo de contorno composto para automação da montagem final do interior de uma fuselagem.

2. Descrição da Técnica Relacionada

[002] A automação no nível da fábrica para montagem de aeronave inclui a perfuração automatizada de furos e inserção de fixadores. Por exemplo, a união de diferentes seções de uma fuselagem pode ser automatizada de tal forma.

[003] A fuselagem pode compreender uma casca monocoque ou semimonocoque, em que uma série de estruturas arqueadas no formato das seções transversais da fuselagem são anexadas a longarinas longitudinais que são cobertas com uma camada de material. A maioria das grandes aeronaves modernas utilizam várias grandes seções, que são, então, unidas por fixação, rebiteagem ou união para formar a fuselagem completa.

[004] Na montagem da aeronave, o acesso limitado a estruturas dentro da fuselagem apresentou um problema para a automação. Atualmente, apenas a perfuração de furos e a inserção de fixadores, tais como parafusos de travamento (*lock bolts*), foi automatizada, no exterior da fuselagem.

[005] Por exemplo, uma máquina perfuradora multidirecional automatizada posicionada no exterior da fuselagem é atualmente utilizada para a perfuração de furos e a inserção de fixadores. A máquina perfuradora multidirecional compreende um chassi com um efector de extremidade que viaja em pistas duplas. O efector de extremidade perfura furos na fuselagem e insere fixadores nos furos.

[006] Atualmente, a fixação manual de colares nos fixadores é executada no interior da fuselagem. Especificamente, o processo dentro da

fuselagem requer partes mecânicas para instalar ferramentas de gerenciamento de vãos e prover prendedores para a perfuração de furos e a inserção de fixadores. Partes mecânicas também são necessárias para seguir e alinhar a máquina perfuradora multidirecional posicionada no exterior da fuselagem, e manualmente instalar e estampar colares por dentro da fuselagem.

[007] No entanto, a fixação manual coloca uma série de questões, incluindo considerações ergonômicas e de segurança, tempo de atravessamento de produto e retrabalho. Por outro lado, a pista utilizada para a máquina perfuradora multidirecional automatizada posicionada no exterior da fuselagem não é adequada para uso dentro da fuselagem.

[008] O que é necessário, portanto, são métodos melhorados de automação de fábrica, especialmente para montagem final dentro de uma fuselagem. A presente invenção satisfaz essa necessidade.

RESUMO

[009] Para superar as limitações na técnica anterior descrita acima, e para superar outras limitações que se tornarão evidentes com a leitura e entendimento da presente especificação, a presente invenção descreve uma máquina de fixação automatizada, utilizando uma pista de vácuo de contorno composto, para automação da montagem final dentro de uma fuselagem de aeronave.

[0010] Os dispositivos e métodos da presente invenção possuem diversas modalidades, incluindo, mas não limitados às modalidades a seguir, listadas abaixo.

1. Um dispositivo ou método para fixação de uma estrutura que compreende uma máquina de fixação automatizada para executar funções de fixação, incluindo um chassi, braço e efetor de extremidade, em que o braço é montado no chassi e o efetor de extremidade é montado no braço; em que a máquina de fixação automatizada é montada em uma pista enquanto

executa as funções de fixação, a pista é montada no interior de uma estrutura para acessar uma primeira superfície da estrutura, e a primeira superfície possui um ou mais furos através dos quais fixadores são inseridos; e em que o chassi atravessa a pista para posicionamento do braço e do efetor de extremidade, o braço é anexado ao chassi para posicionamento do efetor de extremidade, e o efetor de extremidade é anexado ao braço para instalação dos fixadores nos furos da primeira superfície.

2. O dispositivo ou método da modalidade 1, em que a primeira superfície é uma superfície interna de uma fuselagem de aeronave.

3. O dispositivo ou método da modalidade 1, em que o chassi inclui um acionador de pinhão que se engata a uma cremalheira de acionamento na pista para mover a máquina de fixação automatizada ao longo da pista.

4. O dispositivo ou método da modalidade 1, em que o efetor de extremidade possui uma câmera de ressincronização para alinhar o efetor de extremidade em relação a uma ou mais características da superfície interna.

5. O dispositivo ou método da modalidade 1, em que a máquina de fixação automatizada é alinhada a outra máquina em um lado externo da estrutura.

6. O dispositivo ou método da modalidade 1, em que o efetor de extremidade possui um sensor de normalidade para posicionar o efetor de extremidade em relação à primeira superfície.

7. O dispositivo ou método da modalidade 6, em que sinais do sensor de normalidade são usados para girar o braço e o efetor de extremidade para obter uma orientação substancialmente perpendicular em relação à superfície.

8. O dispositivo ou método da modalidade 1, em que o efetor de extremidade possui um pé de prendedor para engate com a primeira superfície que possui os furos através dos quais os fixadores são inseridos.

9. O dispositivo ou método da modalidade 8, em que o pé de prendedor provê uma força de apreensão para um processo de montagem em etapa única (OUA, do inglês *one-up assembly*) utilizado nas funções de fixação.

10. O dispositivo ou método da modalidade 1, em que o efector de extremidade instala os fixadores nos furos estampando colares nos fixadores, rebitando os fixadores, ou enroscando porcas nos fixadores.

11. O dispositivo ou método da modalidade 1, em que o efector de extremidade possui um sistema de alimentação para alimentar colares ou porcas aos fixadores.

12. O dispositivo ou método da modalidade 1, em que o efector de extremidade possui um sistema de recuperação de partes para coletar partes que resultam da perfuração dos furos e da instalação dos fixadores.

13. O dispositivo ou método da modalidade 1, em que o efector de extremidade possui um sistema de câmeras para inspecionar os furos ou os fixadores.

14. O dispositivo ou método da modalidade 1, em que a máquina de fixação automatizada é coordenada com outra máquina em um lado oposto da primeira superfície que perfura os furos e insere os fixadores nos furos.

15. O dispositivo ou método da modalidade 1, em que a pista é montada de modo que sua largura forma um ângulo com a primeira superfície.

16. O dispositivo ou método da modalidade 15, em que a pista forma um ângulo de cerca de 90 graus com a primeira superfície.

17. O dispositivo ou método da modalidade 15, em que a pista forma um ângulo situado entre 80 graus e cerca de 100 graus com a primeira superfície.

18. O dispositivo ou método da modalidade 15, em que a pista

é montada em uma segunda superfície formando um ângulo com a primeira superfície.

19. O dispositivo ou método da modalidade 18, em que a segunda superfície é um anteparo de pressão traseiro de uma fuselagem de aeronave.

20. O dispositivo ou método da modalidade 1, em que a pista é montada diretamente na primeira superfície.

21. O dispositivo ou método da modalidade 1, em que o chassi atravessa a pista ao longo das direções do eixo X e do eixo Z, a direção do eixo X compreende uma posição lateral, e a direção do eixo Z compreende uma posição vertical.

22. O dispositivo ou método da modalidade 21, em que a máquina de fixação automatizada é posicionada ao longo da pista ao menos nas direções do eixo X e do eixo Z.

23. O dispositivo ou método da modalidade 21, em que o chassi move a máquina de fixação automatizada nas direções do eixo X e do eixo Z.

24. O dispositivo ou método da modalidade 21, em que o braço inclui trilhos e um fuso de esferas para mover o efector de extremidade em uma direção do eixo Y perpendicular a ambas as direções do eixo X e do eixo Z.

25. O dispositivo ou método da modalidade 24, em que o braço inclui um mancal de rolamento para mover o efector de extremidade em torno de um ângulo em um plano formado pelas direções do eixo Y e do eixo Z.

27. Um método para fixar estruturas, compreendendo: executar etapas de fixação utilizando uma máquina de fixação automatizada incluindo um chassi, braço, e efector de extremidade, em que o braço é montado no chassi e o efector de extremidade é montado no braço, em que o chassi

atravessa uma pista montada no interior de uma estrutura enquanto o braço e o efetor de extremidade executam os etapas de fixação de: posicionar o efetor de extremidade em relação a uma superfície interna da estrutura que possui um furo dentro do qual um fixador é inserido; comprimir a superfície interna utilizando uma força aplicada pelo efetor de extremidade; e instalar o fixador inserido através do furo utilizando o efetor de extremidade.

28. O método da modalidade 27, compreendendo, ainda, alinhar o efetor de extremidade em relação a uma ou mais características da superfície interna utilizando uma câmera de ressincronização do efetor de extremidade.

29. O método da modalidade 27, compreendendo, ainda, alinhar a máquina de fixação automatizada a outra máquina em um lado externo da estrutura.

30. O método da modalidade 27, compreendendo, ainda, posicionar o efetor de extremidade em relação à superfície interna utilizando um sensor de normalidade do efetor de extremidade.

31. O método da modalidade 30, em que a etapa de posicionamento compreende girar o braço e o efetor de extremidade para obter-se uma orientação substancialmente perpendicular em relação à superfície interna utilizando sinais do sensor de normalidade.

32. O método da modalidade 27, em que a etapa de comprimir compreende engatar a superfície interna e aplicar a força adjacente ao furo utilizando um pé de prendedor do efetor de extremidade.

33. O método da modalidade 32, compreendendo, ainda, estender o pé de prendedor para engatar-se com a superfície interna adjacente ao furo utilizando um cilindro de prendedor do efetor de extremidade.

34. O método da modalidade 27, em que a força é aplicada para um processo de montagem em etapa única (OUA) utilizado nas etapas de fixação.

35. O método da modalidade 27, em que o etapa de instalação compreende: utilizar um deslizador de pino de carga para posicionar um pino de carga abaixo de um tubo de alimentação de colar; soprar o colar sobre o pino de carga a partir do tubo de alimentação de colar com ar comprimido; utilizar um jato lateral para manter o colar no pino de carga; retraindo o tubo de alimentação de colar; estender o deslizador de pino de carga para posicioná-lo sob o estampador de colar, de modo que o colar, enquanto ainda é mantido no pino de carga, seja posicionado entre dedos de alimentação do estampador de colar; mover o estampador de colar para frente para empurrar o colar contra os dedos de alimentação e, então, mover o estampador de colar para liberar o pino de carga, de modo que o colar esteja livre do pino de carga; retraindo o deslizador de pino de carga para longe do estampador de colar, em que o colar é firmemente acomodado nos dedos de alimentação do estampador de colar; avançar o estampador de colar na direção da superfície e do fixador inserido através do furo na superfície; acomodar o colar em uma extremidade do fixador utilizando o estampador de colar, em que os dedos de alimentação do estampador de colar são abertos, e o colar é empurrado contra o fixador; e estampar o colar no fixador utilizando uma ferramenta de instalação de fixador.

36. O método da modalidade 27, em que a etapa de estampar compreende: forçar uma matriz de estampagem para baixo sobre o colar utilizando a ferramenta de instalação de fixador, que reduz um diâmetro do colar e progressivamente estampa o material do colar para dentro da matriz de estampagem, em que a instalação é completada quando uma ponta de pino (*pintail*) do fixador se quebra.

37. O método da modalidade 36, compreendendo, ainda: retraindo o estampador de colar para remover a matriz de estampagem para fora do colar estampado, e, então, aspirar a ponta de pino para fora através de um tubo de retorno de ponta de pino para um ponto de coleta.

38. O método da modalidade 35, compreendendo, ainda, inspecionar o colar estampado no fixador.

DESENHOS

[0011] Refere-se, agora, aos desenhos, ao longo dos quais nomes e numerais de referência representam partes correspondentes.

[0012] A Figura 1 ilustra duas seções de uma fuselagem de aeronave posicionadas para serem unidas.

[0013] As Figuras 2A, 2B e 2C ilustram um sistema para fixar uma estrutura utilizando uma pista de vácuo de contorno composto e uma máquina de fixação automatizada dentro de uma fuselagem de aeronave.

[0014] As Figuras 3A e 3B ilustram adicionalmente uma pista de vácuo de contorno composto que é projetada para seguir o contorno complexo do interior da fuselagem.

[0015] As Figuras 4A a 4G ilustram adicionalmente a máquina de fixação automatizada, de acordo com uma modalidade.

[0016] A Figura 5A provê uma visão geral de um sistema de controle, de acordo com uma modalidade, e a Figura 5B ilustra adicionalmente um armário de controle, de acordo com uma modalidade.

[0017] As Figuras 6A a 6K ilustram uma sequência de etapas executada pela máquina de fixação automatizada, conforme direcionadas pelo sistema de controle, de acordo com uma modalidade.

[0018] A Figura 7 é um fluxograma que ilustra adicionalmente a sequência de etapas executada nas Figuras 6A a 6K.

[0019] A Figura 8A uma máquina de fixação automatizada tipo ponte; e a Figura 8B ilustra uma máquina de fixação automatizada em estrutura de consola.

[0020] A Figura 9A é um fluxograma de um método de produção e manutenção de aeronave, de acordo com uma modalidade.

[0021] A Figura 9B é um diagrama de blocos de uma aeronave, de

acordo com uma modalidade.

DESCRIÇÃO DETALHADA

[0022] Na descrição a seguir da modalidade preferida, é feita referência aos desenhos que acompanham, que formam uma parte desta, e que são exibidos como forma de ilustração de uma modalidade específica na qual a invenção pode ser produzida. Deve-se entender que outras modalidades podem ser utilizadas e mudanças estruturais podem ser feitas sem desviar do escopo da presente invenção.

[0023] A Figura 1 ilustra duas seções de uma fuselagem de aeronave 10 posicionada para serem unidas. Em uma modalidade, as duas seções são unidas em, ou adjacente a, um anteparo de pressão traseiro (APB, do inglês *aft pressure bulkhead*) 11, embora outras seções também possam ser unidas em outras localidades. O anteparo de pressão traseiro 11 é um anteparo hermeticamente fechado localizado entre a cabine e a traseira da aeronave, cujo propósito é selar a traseira do avião e, portanto, manter a pressão da cabine para a aeronave. Na montagem da aeronave, o acesso limitado a estruturas adjacentes ao anteparo de pressão traseiro 11 dentro da fuselagem 10 colocou um problema para a automação.

[0024] Atualmente, apenas a perfuração de furos e a inserção de fixadores, tais como parafusos de travamento, foi automatizada, a partir de uma superfície externa 10A da fuselagem 10. Como notado acima, uma máquina perfuradora multidirecional posicionada na superfície externa 10A da fuselagem é atualmente utilizada para a perfuração de furos e a inserção de fixadores. A máquina perfuradora multidirecional compreende um chassi com um efector de extremidade que viaja em pistas duplas, em que o acionador de extremidade perfura furos na fuselagem 10 e insere fixadores nos furos. No entanto, a fixação manual de colares nos fixadores é atualmente executada em uma superfície interna 10B da fuselagem 10, mas a fixação manual coloca uma série de questões. Essa divulgação supera essas questões descrevendo um

sistema automatizado de fixação para montagem final por dentro da fuselagem 10.

[0025] As Figuras 2A, 2B e 2C ilustram uma modalidade de um sistema para fixação de uma estrutura que compreende uma pista de vácuo de contorno composto 12 posicionada em uma superfície interna 10B da fuselagem 10.

[0026] Como exibido na Figura 2A, a pista 12 é composta por uma ou mais seções 13 que, quando montadas, indexadas, alinhadas e montadas na fuselagem 10, têm um formato que se encaixa na superfície interna 10B da fuselagem 10, também referida aqui como uma primeira superfície 10B, embora outras superfícies também possam ser usadas. As seções 13 da pista 12 são alinhadas e montadas ao longo das direções do eixo X e do eixo Z da fuselagem 10, em que a direção do eixo X compreende uma posição lateral dentro da fuselagem 10 e a direção do eixo Z compreende uma posição vertical dentro da fuselagem 10. As setas nas seções 13 indicam um sequenciamento de despacho das seções 13, o que envolve posicionar e montar primeiramente uma seção de centro 13, e, então, posicionar e montar as seções 13 adjacentes nas extremidades opostas da pista 12.

[0027] Como exibido nas Figuras 2A e 2B, a pista 12 possui um comprimento (L), largura (W) e espessura (T), e a pista 12 é montada de modo que sua largura W forme um ângulo (θ) com a primeira superfície 10B. Especificamente, a largura W da pista 12 não é alinhada à primeira superfície 10B. Em vez disto, a largura W da pista 12 é em estrutura de consola para cima a um ângulo θ em relação à primeira superfície 10B. Preferencialmente, a pista 12 é em estrutura de consola para cima a um ângulo θ maior do que 0 graus em relação à primeira superfície 10B, mais preferencialmente a um ângulo θ de cerca de 90 graus, isto é, substancialmente perpendicular, à primeira superfície 10B, e mais preferencialmente a um ângulo θ situado entre cerca de 80 graus e cerca de 100 graus, isto é, dentro de cerca de ± 10 graus

da posição substancialmente perpendicular à primeira superfície 10B.

[0028] Para posicionar a pista 12 dessa forma, a pista 12 é montada no anteparo de pressão traseiro 11, também chamado, aqui, de segunda superfície 11, embora outras superfícies também possam ser usadas. Nessa modalidade, a pista 12 é em estrutura de consola ancorada na segunda superfície 11, de modo que a pista 12 seja em estrutura de consola para cima formando um ângulo θ em relação à primeira superfície 10B. No entanto, em outras modalidades, a pista 12 é montada diretamente na primeira superfície 10B, isto é, na superfície interna 10B da própria fuselagem 10.

[0029] Como exibido na Figura 2C, uma máquina de fixação automatizada 14 é montada na pista 12 e viaja ao longo da pista 12 para executar funções e etapas de fixação, em que a pista 12 permite que a máquina de fixação automatizada 14 entre em contato com a primeira superfície 10B. Em qualquer instante, a máquina de fixação automatizada 14 é posicionada ao longo da pista 12 ao menos nas direções do eixo X e do eixo Z.

[0030] A Figura 3A ilustra adicionalmente a pista 12, que é uma pista de vácuo de contorno composto 12, embora também possa assumir outros formatos. A pista 12 é modular e é segmentada em uma série de seções 13, em que cada seção 13 é de alumínio, possui cerca de dois pés de comprimento e pesa cerca de 28 libras. Juntas 15 são usadas para a conexão entre as seções 13. A pista 12 é montada no interior da fuselagem 10 no anteparo de pressão traseiro 11 utilizando um ou mais dispositivos de anexação removíveis 16, que, em uma modalidade, compreende copos de sucção a vapor 16.

[0031] A Figura 3B é outra vista de uma seção 13 da pista 12 com a máquina de fixação automatizada 14 anexada, de acordo com uma modalidade. As rodas 17 da máquina de fixação automatizada 14 são rodas duplo V (*dual-vee*) 17 que sanduicham a pista 12, em que a pista 12 inclui guias de borda 18 para engatar as rodas 17. A pista 12 também inclui uma

cremalheira de acionamento 19 para engatar e mover a máquina de fixação automatizada 14 ao longo da pista 12, em que a cremalheira de acionamento 19 é uma cremalheira de rolos que é integrada à pista 12.

[0032] As Figuras 4A a 4G ilustram adicionalmente a máquina de fixação automatizada 14, de acordo com uma modalidade.

[0033] A Figura 4A exibe os principais componentes da máquina de fixação automatizada 14, que incluem um chassi do eixo X 20, um braço do eixo Y 21 e um efector de extremidade 22, em que o braço de eixo Y 21 é montado no chassi do eixo X 20 e o efector de extremidade 22 é montado no braço do eixo Y 21. O chassi do eixo X 20 é anexado à pista 12 para posicionar o braço do eixo Y 21 e o efector de extremidade 22, o braço do eixo Y 21 é anexado ao chassi do eixo X 20 para posicionar o efector de extremidade 22, e o efector de extremidade 22 instala os fixadores dentro dos furos da superfície interna 10B, por exemplo, ele instala colares ou porcas nos fixadores inseridos nos furos pela superfície externa 10A, como descrito em maiores detalhes abaixo, junto às Figuras 6A a 6K e 7.

[0034] A Figura 4B ilustra adicionalmente o chassi do eixo X 20, de acordo com uma modalidade, em que o chassi do eixo X 20 é anexado à pista 12 para posicionar o braço do eixo Y 21 e o efector de extremidade 22. O chassi do eixo X 20 inclui uma placa de base 23, motor de acionamento 24, caixa de câmbio 25, rodas duplas V 17 e liberador de pista 26. O braço do eixo Y 21 é montado na placa de base 23. O motor de acionamento 24 e caixa de câmbio 25 operam um acionador de pinhão que se engata com a cremalheira de acionamento 19 na pista 12 exibida na Figura 3B. As rodas duplas V 17 são rolos guiados pela pista 12 e são montados na pista 12 nos guias de borda 18 exibidos na Figura 3B. O liberador de pista 26 permite uma desanexação rápida das rodas duplo V 17 em relação à pista 12.

[0035] A Figura 4C ilustra adicionalmente o braço do eixo Y 21, de acordo com uma modalidade. O braço do eixo Y 21 é anexado ao chassi do

eixo X 20 para posicionar o efector de extremidade mecanismo de parafuso e porca a bilhas 22. O braço do eixo Y 21 inclui dois trilhos 27, um fuso de esferas 28, uma conexão umbilical de controle 29 e um atuador do eixo A 30. O efector de extremidade 22 é montado nos trilhos 27 e o fuso de esferas 28 move o efector de extremidade 22 ao longo dos trilhos 27. A conexão umbilical de controle 29 se conecta a um armário de controle, como descrito nas Figuras 5A a 5B abaixo. O atuador do eixo A 30 modifica o ângulo do braço do eixo Y 21.

[0036] A Figura 4D ilustra adicionalmente o atuador do eixo A 30, de acordo com uma modalidade. O atuador do eixo A 30 é localizado dentro do braço do eixo Y 21, e inclui um atuador linear 31 e um mancal do eixo A 32 (que é a única parte do atuador do eixo A 30 visível do lado de fora do braço do eixo Y 21 na Figura 4C). O mancal do eixo A 32 é um mancal de rolamento para posicionar o braço do eixo Y 21 e o efector de extremidade 22 a um ângulo, em resposta à operação do atuador linear 31.

[0037] A Figura 4E ilustra adicionalmente o efector de extremidade 22, de acordo com uma modalidade. O efector de extremidade 22 é montado nos trilhos 27 do braço do eixo Y 21 e estampa um colar em um fixador, como descrito em maiores detalhes abaixo junto às Figuras 6A e 6K. O efector de extremidade 22 inclui uma ferramenta de instalação de fixador 33 pneumática, hidráulica ou eletromecânica, atuador rotatório 34, estampador de colar 35, pé de prendedor 36, cilindro de prendedor 37, alimentador de colar 38, tubo de alimentação de colar 39, tubo de retorno de ponta de pino 40, câmara de ressincronização 41 e laser de normalidade 42. A operação desses elementos é descrita em maiores detalhes abaixo junto às Figuras 6A a 6K.

[0038] As Figuras 4F, 4G e 4H ilustram adicionalmente o alinhamento da máquina de fixação automatizada 14 e seu chassi do eixo X 20, braço do eixo Y 21 e efector de extremidade 22. Especificamente, a Figura

4F é uma vista lateral da máquina de fixação automatizada 14 que exhibe o eixo X (como um ponto), o eixo Z, um eixo Y (perpendicular a ambos os eixos Z e X), e um eixo A como um ângulo em um plano formado pelo eixo Y e pelo eixo Z; a Figura 4G é uma vista traseira da máquina de fixação automatizada 14 que exhibe o eixo Y (como um ponto), o eixo Z, e o eixo X; e a Figura 4H é uma vista superior da máquina de fixação automatizada 14 que exhibe o eixo Z (como um ponto), o eixo X, e o eixo Y.

[0039] Como observado acima, nas Figuras 2A, 2B e 2C, a pista 12 é alinhada a ambas as direções do eixo X e do eixo Z e, a qualquer instante, a máquina de fixação automatizada 14 é posicionada ao longo da pista 12 ao menos nas direções do eixo X e do eixo Z, em que o eixo X compreende uma posição lateral dentro da fuselagem 10 e ao longo da pista 12, enquanto o eixo Z compreende uma posição vertical dentro da fuselagem 10 e ao longo da pista 12. O chassi do eixo X 20 move a máquina de fixação automatizada 14 nas direções do eixo X e do eixo Z da pista 12, e o fuso de esferas 28 do braço do eixo Y 21 move o efector de extremidade 22 ao longo dos trilhos 27 do braço do eixo Y 21 na direção do eixo Y perpendicular a ambas as direções do eixo X e do eixo Z. O atuador do eixo A 30 do braço do eixo Y 21 move o efector de extremidade 22 (e o próprio braço do eixo Y 21) em torno de um ângulo no plano formado pelas direções do eixo Y e do eixo Z que compreende o eixo A.

[0040] A Figura 5A provê uma visão geral de um sistema de controle 43 utilizado com a máquina de fixação automatizada 14, de acordo com uma modalidade. O sistema de controle 43 inclui um armário de controle 44 que aceita ar 45, energia a 480 V 46 e fornecimento de vácuo 47, e está conectado à máquina de fixação automatizada 14 por meio de um umbilical de controle 48, linhas hidráulicas 49, tubo de alimentação de colar 50 e tubo de retorno de ponta de pino 51. O armário de controle 44 pode incluir em si uma interface de operador e pode aceitar controles de um laptop 52 e/ou console de

operador móvel de mão (HMOP, do inglês *handheld mobile operator's pendant*) 53.

[0041] O laptop 52 inclui uma tela sensível ao toque que permite que o armário de controle 44 seja operado como se operador estivesse em uma interface principal do armário de controle 44. O laptop 52 pode ser facilmente levado para dentro da fuselagem 10 para permitir que o operador tenha total controle do armário de controle 44 de qualquer lugar.

[0042] Alternativamente, o HMOP 53 pode ser usado. O HMOP 53 permite uma operação de máquina simples, e exibe mensagens de operador abreviadas.

[0043] Uma modalidade provê controle de máquina independente. Especificamente, o armário de controle 44 provê comandos para a máquina interna, a saber, a máquina de fixação automatizada 14, e a máquina externa, a saber, a máquina perfuradora multidirecional posicionada do lado externo da fuselagem 10, é controlada independentemente. Os benefícios dessa abordagem são que o *software* é de desenvolvimento e depuração mais fáceis; e há uma única interface de operador. As desvantagens dessa abordagem são que: cada máquina externa deve ser pareada com uma máquina interna; cada máquina externa irá funcionar com uma máquina interna específica e as máquinas não são intercambiáveis; se uma máquina estiver desligada, então a máquina interna também estará desligada; e uma interrupção da comunicação entre máquina externa e interna irá causar uma falha geral do sistema.

[0044] Outra modalidade provê controle de máquina dependente. Especificamente, o armário de controle 44 provê comandos para uma máquina interna, a saber, a máquina de fixação automatizada 14, e se comunica com outro armário de controle 44 por meio de uma conexão (*link*) de comunicação 55, em que o armário de controle 44 provê comandos para uma máquina externa, a saber, a máquina perfuradora multidirecional posicionada no exterior da fuselagem 10, de modo que a máquina de fixação

automatizada 14 seja coordenada com a máquina externa em um lado oposto da primeira superfície que perfura os furos e insere os fixadores nos furos. Os benefícios dessa abordagem são que as máquinas são intercambiáveis, isto é, qualquer máquina externa irá funcionar com qualquer máquina interna; falhas de comunicação entre máquinas não irão causar falhas completas no sistema; máquinas internas podem ser conectadas prontamente a máquinas externas; a máquina externa lida com toda a programação e tem total controle sobre a máquina interna; e apenas uma comunicação umbilical é necessária para conectar a máquina interna à máquina externa. As desvantagens dessa abordagem são que: a programação é mais complicada; a manutenção é mais complicada; e cada máquina possui seu próprio armário de controle 44, 54.

[0045] A Figura 5 ilustra adicionalmente o armário de controle 44, de acordo com uma modalidade. O armário de controle 44 inclui um alimentador de colar 56 para alimentar colares, um botão de parada de emergência (E-Stop) 57, uma conexão umbilical de controle 58 à máquina de fixação automatizada 14, um desconector de energia 59, uma unidade de energia hidráulica 60 para prover energia hidráulica à máquina de fixação automatizada 14, anéis de içamento 61 para içar o armário de controle 44, e um suporte de console 62 para armazenar o HMOP 53.

[0046] As Figuras 6A a 6K ilustram uma sequência de etapas de fixação executada pela máquina de fixação automatizada 14, conforme dirigida pelo sistema de controle 43, para estampar colares em fixadores, de acordo com uma modalidade.

[0047] A Figura 6A ilustra adicionalmente os componentes do efetor de extremidade 22, em que o efetor de extremidade 22 é posicionado sobre uma superfície 63 na qual há um furo 64 pelo qual um fixador (não exibido) é inserido. (Um fixador é exibido e descrito junto às Figuras 6I, 6J e 6K abaixo.) Em uma modalidade, a superfície 63 é a primeira superfície 10B, a saber, a superfície interna 10B da fuselagem 10.

[0048] Nessa primeira etapa, a máquina de fixação automatizada 14 utiliza a câmera de ressincronização 41 para alinhar o efector de extremidade 22 em relação a uma ou mais características dadas (por exemplo, furo 64) na superfície 63, por exemplo, as paredes do furo cilíndrico interno 64 ou o aro do furo 64. A máquina de fixação automatizada 14 se dirige até um local alvo nominal na pista 12, captura uma imagem digita de alta resolução das características na superfície 63 utilizando a câmera de ressincronização 41, e determina um deslocamento entre um local de característica real e o local alvo nominal. A máquina externa executa um processo similar, permitindo que ambas as máquinas tenham uma referência comum da fuselagem 10 e, portanto, uma da outra.

[0049] Uma vez posicionada, a máquina de fixação automatizada 14 utiliza, então, o laser de normalidade 42 para posicionar o efector de extremidade 22 normal à superfície 63, embora outros sensores também possam ser usados para essa função. Especificamente, a máquina de fixação automatizada 14 utiliza os sinais do laser de normalidade 42 para girar o braço do eixo Y 21 e o efector de extremidade 22 para obter uma orientação substancialmente perpendicular do efector de extremidade 22 à superfície 63. Uma vez alinhado, o efector de extremidade 22 executa as etapas a seguir.

[0050] A Figura 6B ilustra um próximo etapa executado pelo efector de extremidade 22, em que o deslizador de pino de carga 65 posiciona o pino de carga 66 embaixo do tubo de alimentação de colar 39 e o cilindro de prendedor 37 estende o pé de prendedor 36 para engatar na superfície 63 adjacente ao furo 64. O pé de prendedor 36 é um pé de pressão e o cilindro de prendedor 37 é um cilindro pneumático, hidráulico ou eletromecânico capaz de prover cerca de 200 pé-libras (lbf) de força para o pé de prendedor 36 na superfície 63 como uma força de reação antes e durante a perfuração do furo 64.

[0051] Especificamente, o pé de prendedor 36 provê uma força de

compressão para um processo de montagem em etapa única (OUA) utilizado nas etapas de fixação. OUA se refere a quando a montagem é executada de uma vez, a saber, perfurada, inspecionada e, enfim, fixada, sem remoção dos componentes para remoção de rebarbas, limpeza, vedação, etc. No processo OUA, a máquina externa utiliza uma pilha de componentes para executar a perfuração do furo 64 na superfície e a inserção do fixador no furo 64.

[0052] Aqui, a pista 12 montada no anteparo de pressão traseiro 11 provê uma fundação para a força de compressão gerada pelo pé de prendedor 36, mantendo a integralidade da junta e separação de interfaces para a pilha OUA, antes que a máquina externa comece a perfurar. A máquina externa é posicionada de tal forma que seu nariz de perfuração empurra em um lado oposto da superfície 63 (isto é, a superfície externa 10A da fuselagem 10), enquanto normaliza para um contorno do lado oposto da superfície 63. Similarmente, a máquina de fixação automatizada 14 é posicionada de tal forma que a força de compressão gerada pelo pé de prendedor 36 seja alinhada com o nariz de perfuração da máquina externa.

[0053] A Figura 6C ilustra um próximo etapa executado pelo efetor de extremidade 22, em que um colar 67 é soprado sobre o pino de carga 66 do tubo de alimentação de colar 39 com ar comprimido.

[0054] A Figura 6D ilustra um próximo etapa executado pelo efetor de extremidade 22, em que o colar 67 é mantido no pino de carga 66 com um jato lateral 68 e o tubo de alimentação de colar 39 é retraído.

[0055] A Figura 6E ilustra um próximo etapa executado pelo efetor de extremidade 22, em que o deslizador de pino de carga 65 é estendido e posicionado sob o estampador de colar 35, de modo que o colar 67, enquanto ainda é mantido no pino de carga 66, seja posicionado entre dedos de alimentação 69 do estampador de colar 35.

[0056] A Figura 6F ilustra um próximo etapa executado pelo efetor de extremidade 22, em que o estampador de colar 35 se move primeiramente

para frente para empurrar o colar 67 contra os dedos de alimentação 69 e, então, o estampador de colar 35 se move de volta para sua posição o estampador de colar 35 para liberar o pino de carga 66. Nesse estágio, o colar 67 está livre do pino de carga 66.

[0057] A Figura 6G ilustra um próximo etapa executado pelo efetor de extremidade 22, em que o deslizador de pino de carga 65 é retraído para longe do estampador de colar 35, e o colar 67 é firmemente acomodado nos dedos de alimentação 69 do estampador de colar 35. Uma matriz de estampagem 70 está diretamente acima ou atrás do colar 67 no estampador de colar 35.

[0058] A Figura 6H ilustra um próximo etapa executado pelo efetor de extremidade 22, em que o estampador de colar 35 avança na direção da superfície 63.

[0059] A Figura 6I ilustra um próximo etapa executado pelo efetor de extremidade 22, em que um fixador 71 é inserido através do furo 64 na superfície 63, por exemplo, a partir de um lado oposto da superfície 63, e o estampador de colar 35 avança na direção do fixador 71.

[0060] A Figura 6J ilustra um próximo etapa executado pelo efetor de extremidade 22, em que o colar 67 é acomodado em uma extremidade do fixador 71 utilizando o estampador de colar 35. Uma vez que o colar 67 esteja na extremidade do fixador 71, os dedos de alimentação 69 do estampador de colar 35 são abertos por uma característica na lateral do pé de prendedor 36. O estampador de colar 35 empurra o colar 67 adicionalmente contra o fixador 71, e o colar é estampado pela ferramenta de instalação de fixador 33, que provê uma força para a matriz de estampagem 70. Em uma modalidade, o colar 67 é um anel de metal de encaixe frouxo que é deformado pela matriz 70 em torno do fixador 71, que inclui entalhes de travamento. A matriz 70 é forçada para baixo sobre o colar 67 pela ferramenta de instalação de fixador 33, que reduz o diâmetro do colar 67 e progressivamente estampa o material

do colar 67 dentro da matriz 70. Conforme a força aplicada à matriz 70 aumenta, a instalação é completada quando uma ponta de pino 72 do fixador 71 se quebra.

[0061] A Figura 6K ilustra um próximo etapa executado pelo efetor de extremidade 22, em que o colar 67 foi estampado no fixador 71. O estampador de colar 35 é retraído para remover a matriz de estampagem 70 para fora do colar estampado 67 e a ponta de pino (não exibida) é aspirada para fora através do tubo de retorno de ponta de pino 40 para um ponto de coleta, por exemplo no armário de controle 44. Finalmente, a câmera de ressinchronização 41 pode ser utilizada para inspecionar o colar estampado 67 no fixador 71.

[0062] A Figura 7 é um fluxograma que ilustra adicionalmente a sequência de etapas de fixação executada pelo efetor de extremidade 22 nas Figuras 6A a 6K.

[0063] O Bloco 73 representa a etapa de posicionar o efetor de extremidade 22 em relação à superfície 63 (isto é, a superfície interna 10B da estrutura da fuselagem 10). Especificamente, o Bloco 73 representa a etapa de alinhar o efetor de extremidade 22 em relação a uma ou mais características da superfície interna 63 utilizando a câmera de ressinchronização 41 do efetor de extremidade 22, o que resulta no alinhamento da máquina de fixação automatizada 14 com outra máquina (isto é, a máquina perfuradora multidirecional posicionada na superfície externa 10A da estrutura da fuselagem 10). O Bloco 73 também representa a etapa de posicionar o efetor de extremidade 22 relativo à superfície interna 63 utilizando o sensor de laser de normalidade 42 do efetor de extremidade 22, em que o posicionamento compreende girar o braço do eixo Y 21 e o efetor de extremidade 22 para obter uma orientação substancialmente perpendicular relativa à superfície interna 63 utilizando sinais do sensor de laser de normalidade 42.

[0064] O Bloco 74 representa a etapa de utilizar o cilindro de

prendedor 37 para estender o pé de prendedor 36 para engate com a superfície 63 adjacente ao furo onde o fixador 71 será instalado. Especificamente, o Bloco 74 representa a etapa de comprimir a superfície interna 63 utilizando uma força aplicada pelo pé de prendedor 36 do efector de extremidade 22, em que a força é aplicada para um processo de montagem em etapa única (OUA) usado nas etapas de fixação.

[0065] Os Blocos 75 a 84 restantes representam a etapa de instalar o fixador 71 inserido através do furo 64 utilizando vários componentes do efector de extremidade 22.

[0066] O Bloco 75 representa a etapa de utilizar o deslizador de pino de carga 65 para posicionar o pino de carga 66 embaixo do tubo de alimentação de colar 39.

[0067] O Bloco 76 representa a etapa de soprar um colar 67 sobre o pino de carga 66 a partir do tubo de alimentação de colar 39 com ar comprimido.

[0068] O Bloco 77 representa a etapa de utilizar um jato lateral 68 para manter o colar 67 no pino de carga 66.

[0069] O Bloco 78 representa a etapa de retrainir o tubo de alimentação de colar 50.

[0070] O Bloco 79 representa a etapa de estender o deslizador de pino de carga 65 para posicioná-lo sob o estampador de colar 35, de modo que o colar 67, enquanto ainda é mantido no pino de carga 66, seja posicionado entre dedos de alimentação 69 do estampador de colar 35.

[0071] O Bloco 80 representa a etapa de mover o estampador de colar 35 para frente para empurrar o colar 67 contra os dedos de alimentação 69 e, então, mover o estampador de colar 35 para liberar o pino de carga 66, de modo que o colar 67 esteja livre do pino de carga 66.

[0072] O Bloco 81 representa a etapa de retrainir o deslizador de pino de carga para longe do estampador de colar 35, em que o colar 67 é

firmemente acomodado nos dedos de alimentação 69 do estampador de colar 35.

[0073] O Bloco 82 representa a etapa de avançar o estampador de colar 35 na direção da superfície 63 e o fixador 71 inserido através do furo 64 na superfície 63.

[0074] O Bloco 83 representa o etapa de utilizar o estampador de colar 35 para acomodar o colar 67 na extremidade do fixador 71, em que os dedos de alimentação 69 do estampador de colar 35 são abertos, o colar 67 é empurrado contra o fixador 71, e o colar 67 é estampado pela ferramenta de instalação de fixador 33, de tal modo que a matriz de estampagem 70 seja forçada para baixo sobre o colar 67 pela ferramenta de instalação de fixador 33, que reduzi o diâmetro do colar 67 e progressivamente estampa o material do colar 67 dentro da matriz 70, e a instalação é completada quando uma ponta de pino 72 do fixador 71 se quebra.

[0075] O Bloco 84 representa a etapa de retrain o estampador de colar 35 para remover a matriz de estampagem 70 para fora do colar estampado 67, aspirando a ponta de pino para fora através de um tubo de retorno de ponta de pino para um ponto de coleta, e opcionalmente inspecionando o colar estampado 67 no fixador 71.

Benefícios

[0076] A pista em estrutura de consola 12 aqui descrito inclui uma série de benefícios e vantagens. Uma vantagem que a máquina de fixação automatizada 14 é montada em apenas um trilho, isto é, a pista 12, o que provê facilidade de preparação. Outra vantagem é que a máquina de fixação automatizada 14 pode ser facilmente removida da pista 12.

[0077] Por outro lado, há algumas desvantagens. Uma desvantagem é que a dureza na superfície interna da fuselagem 10 torna difícil montar a pista 12 na superfície interna da fuselagem 10. Outra desvantagem é que estruturas internas podem interferir com o movimento da máquina de fixação

automatizada 14 ao longo da pista 12.

Alternativas

[0078] Uma série de alternativas e modificações estão disponíveis.

[0079] Por exemplo, embora uma máquina de fixação automatizada tenha sido descrita aqui, há outras oportunidades para automação dentro da fuselagem 10. Uma máquina de fixação automatizada dentro da fuselagem 10 também pode incluir funções para perfuração de furos e preenchimento de furos (isto é, inserindo pinos), remoção de rebarbas, aspiração para controle de FOD (dano ou restos de objeto estranho, do inglês *Foreign Object Damage* ou *Debris*), vedação, todo tipo de fixação (enroscamento, estampagem, rebitagem), e inspeção. Uma máquina de fixação automatizada dentro da fuselagem 10 pode incluir diferentes atuadores de extremidade com múltiplas características além das aqui divulgadas

[0080] Em outro exemplo, a automação dentro da fuselagem 10 também pode sincronizar suas funções com automações externas à fuselagem 10, com ou sem assistência de câmeras, para melhoria de taxas. Isso é especialmente verdade se usado com uma pista que seja indexada e montada do lado externo da fuselagem 10. Como previamente observado, a automação interna pode funcionar com a automação externa para qualquer uma dessas funções adicionais, se desejado.

[0081] Em ainda outro exemplo, uma pista dentro da fuselagem 10 pode ser montada de forma flexível ou rígida a estruturas ou superfícies dentro da fuselagem 10 com ou sem copos de sucção a vácuo. Portanto, a automação interna pode ser aplicada a qualquer seção da fuselagem 10, e não está limitada ao anteparo de pressão traseiro 11.

[0082] Em ainda outro exemplo, uma pista dentro da fuselagem 10 pode não ser um projeto de montagem em estrutura de consola no anteparo de pressão traseiro 11.

[0083] Em um exemplo, a Figura 8A ilustra uma máquina de fixação

automatizada tipo Bridge 85, em que pistas duplas 86 são montadas em uma estrutura ou superfície 10B dentro da fuselagem 10 em um lado frontal e o anteparo de pressão traseiro 11 da fuselagem 10 em um lado do anteparo de pressão traseiro. Uma vantagem é que a máquina tipo Bridge 85 poderia potencialmente não possui um eixo A ativo e, em vez disto, normalizar passivamente entre pistas 86. Outra vantagem é que, se um prendedor de 200 libras for necessário para todos os furos, esse projeto distribui bem a carga entre as duas pistas 86. Uma desvantagem da máquina tipo Bridge 85 é que dois conjuntos de pistas 86 são necessários. As pistas 86 podem precisar ser alinhados um ao outro para criar normalidade adequada, em que o espaçamento, peso relativo e distância de afastamento entre as pistas 86 terão que ser controlados.

[0084] Em outro exemplo, a Figura 8B ilustra uma máquina de fixação automatizada em estrutura de consola 87 montada em uma estrutura ou superfície 10B dentro da fuselagem 10 em um lado frontal de uma junta, em que a máquina de fixação automatizada em estrutura de consola 87 possui um suporte de reação na frente dessa montagem. Uma vantagem é que a máquina em estrutura de consola 87 não precisa de montagem no anteparo de pressão traseiro 11 com copos de sucção a vácuo. Uma desvantagem é que a máquina em estrutura de consola 87 provavelmente precisará de um eixo B ativo e terá que ser configurada com pistas/guias múltiplos. Ainda, o piso/estrutura de carga terá que reagir a cargas pesadas.

Montagem de aeronave

[0085] Modalidades da divulgação podem ser descritas no contexto de um método de produção e manutenção de uma aeronave, como exibido na Figura 9A e de uma aeronave, como exibida na Figura 9B.

[0086] Como exibido na Figura 9A, durante a pré-produção, o exemplo de método 88 pode incluir a especificação e projeto 89 da aeronave e provisionamento de material 90. Durante a produção, ocorrem a manufatura

de componentes e subconjuntos 91 e integração do sistema 92 da aeronave, que incluem a automação no nível da fábrica aqui descrita, utilizando a pista de vácuo de contorno composto 12 e a máquina de fixação automatizada 14 para automação da montagem final do interior da fuselagem 10. Depois disso, a aeronave pode passar por certificação e entrega 93 para ser posta em serviço 94. Enquanto em serviço por um cliente, a aeronave é agendada para manutenção e serviços de rotina 95 (que incluem modificação, reconfiguração, remodelagem e afins), que também inclui a automação no nível da fábrica aqui descrita, utilizando a pista de vácuo de contorno composto 12 e a máquina de fixação automatizada 14 para automação da montagem final do interior da fuselagem 10.

[0087] Cada um dos processos do método 88 pode ser executado por um integrador de sistema, um terceiro, e/ou um operador (por exemplo, um cliente). Para os propósitos dessa descrição, um integrador de sistema pode incluir sem limitação qualquer quantidade de produtores de aeronave e subcontratantes de grandes sistemas; terceiros podem incluir sem limitação qualquer número de vendedores, subcontratantes e fornecedores; e um operador pode ser uma linha aérea, empresa de *leasing*, entidade militar, organização de serviços, e afins.

[0088] Como exibido na Figura 9B, a aeronave 96 produzida pelo exemplo de método da Figura 9A pode incluir uma armação da aeronave 97 com uma série de sistemas 98 e um interior 99. Exemplos de sistemas de alto nível 98 incluem um ou mais entre um sistema de propulsão 100, um sistema elétrico 101, um sistema hidráulico 102, e um sistema ambiental 103. Qualquer número de outros sistemas pode ser incluído. Embora um exemplo de aeronave seja exibido, os princípios da invenção podem ser aplicados a outras indústrias, tal como a indústria automotiva.

[0089] Aparelhos e métodos aqui incorporados podem ser empregados durante qualquer um ou mais dos estágios do método de

produção e manutenção 88. Por exemplo, componentes ou subconjuntos correspondentes ao processo produtivo 91 podem ser fabricados ou manufaturados de forma similar a componentes ou subconjuntos produzidos enquanto a aeronave 96 estiver em serviço. Ainda, uma ou mais modalidades de aparelho, modalidades de método, ou uma combinação destas podem ser utilizados durante os estágios de produção 91 e 92, por exemplo, substancialmente acelerando a montagem de uma aeronave 96 ou reduzindo seu custo. Similarmente, uma ou mais modalidades de aparelho, modalidades de método ou uma combinação destas pode ser utilizada quando a aeronave 96 estiver em serviço, por exemplo, e sem limitação, para manutenção e serviço 95.

[0090] A presente invenção também é referida nas cláusulas a seguir, que não devem ser confundidas com as reivindicações:

A1. Um dispositivo para fixação de uma estrutura que compreende:

uma máquina de fixação automatizada (14), para executar funções de fixação, incluindo um chassi (20), braço (21), e efetor de extremidade (22), em que o braço (21) é montado no chassi (20) e o efetor de extremidade (22) é montado no braço (21);

em que a máquina de fixação automatizada (14) é montada em uma pista (12) enquanto executa as funções de fixação, a pista é montada no interior de uma estrutura para acessar uma primeira superfície (10B) da estrutura (10), e a primeira superfície (10B) possui um ou mais furos (64) através dos quais fixadores (71) são inseridos; e

em que o chassi (20) atravessa a pista (12) para posicionamento do braço (21) e do efetor de extremidade (22), o braço (21) é anexado ao chassi (20) para posicionamento do efetor de extremidade (22), e o efetor de extremidade (22) é anexado ao braço (21) para instalação dos fixadores (71) nos furos (64) da primeira superfície (10B).

A2. Também é provido o dispositivo do parágrafo A1, em que a primeira superfície (10B) é uma superfície interna (10B) de uma fuselagem de aeronave (10).

A3. Também é provido o dispositivo do parágrafo A1, em que o chassi (20) inclui um acionador de pinhão (24, 25) que se engata a uma cremalheira de acionamento (19) na pista (12) para mover a máquina de fixação automatizada (14) ao longo da pista (12).

A4. Também é provido o dispositivo do parágrafo A1, em que o efector de extremidade (22) possui uma câmera de resincronização (41) para alinhar o efector de extremidade (22) em relação a uma ou mais características da superfície interna (10B).

A5. Também é provido o dispositivo do parágrafo A1, em que a máquina de fixação automatizada (14) é alinhada a outra máquina em um lado externo da estrutura (10).

A6. Também é provido o dispositivo do parágrafo A1, em que o efector de extremidade (22) possui um sensor de normalidade (42) para posicionar o efector de extremidade (22) em relação à primeira superfície (10B).

A7. Também é provido o dispositivo do parágrafo A6, em que sinais do sensor de normalidade (42) são usados para girar o braço (21) e o efector de extremidade (22) para obter-se uma orientação substancialmente perpendicular em relação à superfície (10B).

A8. Também é provido o dispositivo do parágrafo A1, em que o efector de extremidade (22) possui um pé de prendedor (36) para engatar-se com a primeira superfície (10B) que possui os furos (64) através dos quais os fixadores (71) são inseridos.

A9. Também é provido o dispositivo do parágrafo A8, em que o pé de prendedor (36) provê uma força de compressão para um processo de montagem em etapa única (OUA) utilizado nas funções de fixação.

A10. Também é provido o dispositivo do parágrafo A1, em que o efector de extremidade (22) instala os fixadores (71) nos furos (64) estampando colares (67) nos fixadores (71), rebitando os fixadores (71), ou enroscando porcas nos fixadores (71).

A11. Também é provido o dispositivo do parágrafo A1, em que o efector de extremidade (22) possui um sistema de alimentação (56) para alimentar colares (67) ou porcas aos fixadores (71).

A12. Também é provido o dispositivo do parágrafo A1, em que o efector de extremidade (22) possui um sistema de recuperação de partes (40) para coletar partes que resultam da perfuração dos furos (64) e da instalação dos fixadores (71).

A13. Também é provido o dispositivo do parágrafo A1, em que o efector de extremidade (22) possui um sistema de câmeras (41) para inspecionar os furos (64) ou os fixadores (71).

A14. Também é provido o dispositivo do parágrafo A1, em que a máquina de fixação automatizada (14) é coordenada com outra máquina em um lado oposto da primeira superfície (10B) que perfura os furos (64) e insere os fixadores (71) nos furos (64).

A15. Também é provido o dispositivo do parágrafo A1, em que a pista (12) é montada de modo que sua largura forma um ângulo com a primeira superfície (10B).

A16. Também é provido o dispositivo do parágrafo A15, em que a pista (12) forma um ângulo de cerca de 90 graus com a primeira superfície (10B).

A17. Também é provido o dispositivo do parágrafo A15, em que a pista (12) forma um ângulo situado entre 80 graus e cerca de 100 graus com a primeira superfície (10B).

A18. Também é provido o dispositivo do parágrafo A15, em que a pista (12) é montada em uma segunda superfície (11) formando um

ângulo com a primeira superfície (10B).

A19. Também é provido o dispositivo do parágrafo A18, em que a segunda superfície (11) é um anteparo de pressão traseiro (11) de uma fuselagem de aeronave (10).

A20. Também é provido o dispositivo do parágrafo A1, em que a pista (12) é montada diretamente na primeira superfície (10B).

A21. Também é provido o dispositivo do parágrafo A1, em que o chassi (20) atravessa a pista (12) ao longo das direções do eixo X e do eixo Z, a direção do eixo X compreende uma posição lateral, e a direção do eixo Z compreende uma posição vertical.

A22. Também é provido o dispositivo do parágrafo A21, em que a máquina de fixação automatizada (14) é posicionada ao longo da pista (12) ao menos nas direções do eixo X e do eixo Z.

A23. Também é provido o dispositivo do parágrafo A21, em que o chassi (20) move a máquina de fixação automatizada (14) nas direções do eixo X e do eixo Z.

A24. Também é provido o dispositivo do parágrafo A21, em que o braço (21) inclui trilhos (27) e um fuso de esferas (28) para mover o efector de extremidade (22) em uma direção do eixo Y perpendicular a ambas as direções do eixo X e do eixo Z.

A25. Também é provido o dispositivo do parágrafo A24, em que o braço (21) inclui um mancal de rolamento (32) para mover o efector de extremidade (22) em torno de um ângulo em um plano formado pelas direções do eixo Y e do eixo Z.

[0091] De acordo com um aspecto adicional da presente invenção, é provido:

B1. Um método para fixar estruturas, compreendendo:
executar etapas de fixação utilizando uma máquina de fixação automatizada (14) incluindo um chassi (20), braço (21), e efector de

extremidade (22), em que o braço (21) é montado no chassi (20) e o efector de extremidade (22) é montado no braço (21);

em que a máquina de fixação automatizada (14) é montada em uma pista (12) enquanto executa as etapas de fixação, a pista (12) é montada no interior de uma superfície (10) para acessar uma primeira superfície (10B) da estrutura (10), e a primeira superfície (10B) possui um ou mais furos (64) através dos quais são inseridos fixadores (71);

em que o chassi (20) atravessa a pista (12) para posicionamento do braço (21) e do efector de extremidade (22), o braço (21) é anexado ao chassi (20) para posicionamento do efector de extremidade (22), e o efector de extremidade (22) é anexado ao braço (21) para instalação dos fixadores (71) nos furos (64) da primeira superfície (10B).

[0092] De acordo com um aspecto adicional da presente invenção, é provido:

C1. Um método para fixar estruturas, compreendendo:

executar etapas de fixação utilizando uma máquina de fixação automatizada (14) incluindo um chassi (20), braço (21), e efector de extremidade (22), em que o braço (21) é montado no chassi (20) e o efector de extremidade (22) é montado no braço (21), em que o chassi (20) atravessa uma pista montada no interior de uma estrutura enquanto o braço (21) e o efector de extremidade (22) executam as etapas de fixação de:

posicionar o efector de extremidade (22) em relação a uma superfície interna (10B) da estrutura (10) que possui um furo (64) dentro do qual um fixador (71) é inserido;

comprimir a superfície interna (10B) utilizando uma força aplicada pelo efector de extremidade (22); e

instalar o fixador (71) inserido através do furo (64) utilizando o efector de extremidade (22).

C2. Também é provido o método do parágrafo C1,

compreendendo, ainda, alinhar o efetor de extremidade (22) em relação a uma ou mais características da superfície interna (10B) utilizando uma câmera de resincronização (41) do efetor de extremidade (22).

C3. Também é provido o método do parágrafo C1, compreendendo, ainda, alinhar a máquina de fixação automatizada (14) a outra máquina em um lado externo da estrutura (10).

C4. Também é provido o método do parágrafo C1, compreendendo, ainda, posicionar o efetor de extremidade (22) em relação à superfície interna (10B) utilizando um sensor de normalidade (42) do efetor de extremidade (22).

C5. Também é provido o método do parágrafo C4, em que a etapa de posicionamento compreende girar o braço (21) e o efetor de extremidade (22) para obter-se uma orientação substancialmente perpendicular em relação à superfície interna (10B) utilizando sinais do sensor de normalidade (42).

C6. Também é provido o método do parágrafo C1, em que a etapa de comprimir compreende engatar a superfície interna (10B) e aplicar a força adjacente ao furo utilizando um pé de prendedor (36) do efetor de extremidade (22).

C7. Também é provido o método do parágrafo C6, compreendendo, ainda, estender o pé de prendedor (36) para engatar-se com a superfície interna (10B) adjacente ao furo (64) utilizando um cilindro de prendedor (37) do efetor de extremidade (22).

C8. Também é provido o método do parágrafo C1, em que a força é aplicada para um processo de montagem em etapa única (OUA) utilizado nas etapas de fixação.

C9. Também é provido o método do parágrafo C1, em que a etapa de instalação compreende:

utilizar um deslizador de pino de carga (65) para posicionar

um pino de carga (66) abaixo de um tubo de alimentação de colar (50);

soprar o colar (67) sobre o pino de carga (66) a partir do tubo de alimentação de colar (50) com ar comprimido;

utilizar um jato lateral (68) para manter o colar (67) no pino de carga (66);

retrair o tubo de alimentação de colar (50);

estender o deslizador de pino de carga (65) para posicioná-lo sob o estampador de colar (35), de modo que o colar (67), enquanto ainda é mantido no pino de carga (66), seja posicionado entre dedos de alimentação (69) do estampador de colar (35);

mover o estampador de colar (35) para frente para empurrar o colar (67) contra os dedos de alimentação (69) e, então, mover o estampador de colar (35) para liberar o pino de carga (66), de modo que o colar (67) esteja livre do pino de carga (66);

retrair o deslizador de pino de carga (65) para longe do estampador de colar (35), em que o colar (67) é firmemente acomodado nos dedos de alimentação (69) do estampador de colar (35);

avançar o estampador de colar (35) na direção da superfície (63) e do fixador (71) inserido através do furo (64) na superfície (63);

acomodar o colar (67) em uma extremidade do fixador (71) utilizando o estampador de colar (35), em que os dedos de alimentação (69) do estampador de colar (35) são abertos, e o colar (67) é empurrado contra o fixador (71); e

estampar o colar (67) no fixador (71) utilizando uma ferramenta de instalação de fixador (33).

C10. Também é provido o método do parágrafo C9, em que a etapa de estampar compreende:

forçar uma matriz de estampagem (70) para baixo sobre o colar (67) utilizando a ferramenta de instalação de fixador (33), que reduz um

diâmetro do colar (67) e progressivamente estampa o material do colar (67) para dentro da matriz de estampagem (70), em que a instalação é completada quando uma ponta de pino (72) do fixador (71) se quebra.

C11. Também é provido o método do parágrafo C10, compreendendo, ainda:

retrair o estampador de colar (35) para remover a matriz de estampagem (70) para fora do colar estampado (67), e, então, aspirar a ponta de pino (72) para fora através de um tubo de retorno de ponta de pino (40, 51) para um ponto de coleta.

C12. Também é provido o método da do parágrafo C9, compreendendo, ainda, inspecionar o colar estampado (67) no fixador (71).

REIVINDICAÇÕES

1. Dispositivo para fixar uma estrutura, caracterizado pelo fato de que compreende:

uma máquina de fixação automatizada (14), para executar funções de fixação, incluindo um chassi (20), um braço (21), e um efetor de extremidade (22), em que o braço (21) é montado no chassi (20) e o efetor de extremidade (22) é montado no braço (21);

em que a máquina de fixação automatizada (14) é configurada para ser montada em uma pista (12) enquanto executa as funções de fixação, a pista (12) sendo montada no interior de uma estrutura (10) de modo a acessar uma primeira superfície (10B) da estrutura (10), e a primeira superfície (10B) possui um ou mais furos (64) através dos quais fixadores (71) podem ser inseridos

em que o efetor de extremidade (22) compreende:

um tubo de alimentação de colar (39);

um deslizador de pino de carga (65) configurado para posicionar um pino de carga (66) por debaixo do tubo de alimentação de colar (39) para receber um colar (67) do tubo de alimentação de colar (39);

um jato lateral (68) configurado para manter o colar (67) no pino de carga (66);

um estampador de colar (35) tendo dedos de alimentação (69);

e

uma ferramenta de instalação de fixador (33) configurada para estampar o colar (67) no fixador (71);

em que o estampador de colar (35) é configurado para:

mover-se para frente para empurrar o colar (67) contra os dedos de alimentação (69) e mover-se para liberar o pino de carga (66), tal que o colar (67) está livre do pino de carga (66);

avançar na direção da superfície (63) e do fixador (71) inserido

através do um ou mais furos (64) na superfície (63); e

acomodar o colar (67) na extremidade do fixador (71) abrir os dedos de alimentação (69) e empurrar o colar (67) sobre o fixador (71); e

em que o chassi (20) é operável para atravessar a pista (12) para posicionar o braço (21) e o efetor de extremidade (22), o braço (21) é anexado ao chassi (20) para posicionar o efetor de extremidade (22), e o efetor de extremidade (22) é anexado ao braço (21) para instalar os fixadores (71) nos furos (64) da primeira superfície (10B).

2. Dispositivo de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que, na operação do dispositivo, a primeira superfície (10B) é uma superfície interna (10B) de uma fuselagem de aeronave (10).

3. Dispositivo de acordo com a reivindicação 1 ou 2, caracterizado pelo fato de que o chassi (20) inclui um acionador de pinhão (24, 25) que se engata a uma cremalheira de acionamento (19) na pista (12) para mover a máquina de fixação automatizada (14) ao longo da pista (12).

4. Dispositivo de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 3, caracterizado pelo fato de que a máquina de fixação automatizada (14) é configurada para ser alinhada a outra máquina em um lado externo da estrutura (10).

5. Dispositivo de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 4, caracterizado pelo fato de que o efetor de extremidade (22) possui um sensor de normalidade (42) para posicionar o efetor de extremidade (22) em relação à primeira superfície (10B).

6. Dispositivo de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 5, caracterizado pelo fato de que o efetor de extremidade (22) possui um pé de prendedor (36) para engatar a primeira superfície (10B) que possui os furos (64) através dos quais os fixadores (71) são inseridos, em que o pé de prendedor (36) é operável para prover uma força de compressão para um processo de montagem em etapa única (OUA) utilizado nas funções de

fixação.

7. Dispositivo de acordo com qualquer uma das reivindicações, caracterizado pelo fato de que a máquina de fixação automatizada (14) é configurada para coordenar com outra máquina em um lado oposto da primeira superfície (10B) que perfura os furos (64) e insere os fixadores (71) nos furos (64).

8. Método para fixar estruturas, caracterizado pelo fato de que compreende:

executar etapas de fixação utilizando uma máquina de fixação automatizada (14) incluindo um chassi (20), braço (21), e efetor de extremidade (22), em que o braço (21) é montado no chassi (20) e o efetor de extremidade (22) é montado no braço (21), em que o chassi (20) é operável para atravessar uma pista (12) montada no interior de uma estrutura (10) em posição para o braço (21) e o efetor de extremidade (22) executarem as etapas de fixação de:

posicionar o efetor de extremidade (22) em relação a uma superfície interna (10B) da estrutura (10) que possui um furo (64) dentro do qual um fixador (71) é inserido;

comprimir a superfície interna (10B) utilizando uma força aplicada pelo efetor de extremidade (22); e

instalar o fixador (71) inserido através do furo (64) utilizando o efetor de extremidade (22);

em que a etapa de instalar compreende:

utilizar um deslizador de pino de carga (65) para posicionar um pino de carga (66) abaixo de um tubo de alimentação de colar (39);

soprar um colar (67) sobre o pino de carga (66) a partir do tubo de alimentação de colar (39) com ar comprimido;

utilizar um jato lateral (68) para manter o colar (67) no pino de carga (66);

retrair o tubo de alimentação de colar (39);

estender o deslizador de pino de carga (65) para posicioná-lo sob um estampador de colar (35), de modo que o colar (67), enquanto ainda é mantido no pino de carga (66), seja posicionado entre dedos de alimentação (69) do estampador de colar (35);

mover o estampador de colar (35) para frente para empurrar o colar (67) contra os dedos de alimentação (69) e, então, mover o estampador de colar (35) para liberar o pino de carga (66), de modo que o colar (67) esteja livre do pino de carga (66);

retrair o deslizador de pino de carga (65) para longe do estampador de colar (35), em que o colar (67) é firmemente acomodado nos dedos de alimentação (69) do estampador de colar (35);

avançar o estampador de colar (35) na direção da superfície (63) e do fixador (71) inserido através do furo (64) na superfície (63);

acomodar o colar (67) em uma extremidade do fixador (71) utilizando o estampador de colar (35), em que os dedos de alimentação (69) do estampador de colar (35) são abertos, e o colar (67) é empurrado contra o fixador (71); e

estampar o colar (67) no fixador (71) utilizando uma ferramenta de instalação de fixador (33).

9. Método de acordo com a reivindicação 8, caracterizado pelo fato de que compreende adicionalmente alinhar o efector de extremidade (22) em relação a uma ou mais características da superfície interna (10B) utilizando uma câmera de ressincronização (41) do efector de extremidade (22).

10. Método de acordo com a reivindicação 8 ou 9, caracterizado pelo fato de que compreende adicionalmente alinhar a máquina de fixação automatizada (14) a outra máquina em um lado externo da estrutura (10).

11. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações 8 a 10, caracterizado pelo fato de que compreende adicionalmente posicionar o efetor de extremidade (22) em relação à superfície interna (10B) utilizando um sensor de normalidade (42) do efetor de extremidade (22) em que a etapa de posicionamento compreende girar o braço (21) e o efetor de extremidade (22) para obter uma orientação perpendicular em relação à superfície interna (10B) utilizando sinais do sensor de normalidade (42).

12. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações 8 a 11, caracterizado pelo fato de que a etapa de comprimir compreende engatar a superfície interna (10B) e aplicar a força adjacente ao furo (64) utilizando um pé de prendedor (36) do efetor de extremidade (22).

13. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações 8 a 12, caracterizado pelo fato de que a força é aplicada para um processo de montagem em etapa única (OUA) utilizado nas etapas de fixação.

14. Método de acordo com a reivindicação 8, caracterizado pelo fato de que a etapa de estampar compreende:

forçar uma matriz de estampagem (70) para baixo sobre o colar (67) utilizando a ferramenta de instalação de fixador (33), que reduz um diâmetro do colar (67) e progressivamente estampa o material do colar (67) para dentro da matriz de estampagem (70), em que a instalação é completada quando uma ponta de pino (72) do fixador (71) se quebra.

15. Método de acordo com a reivindicação 14, caracterizado pelo fato de que compreende retrair o estampador de colar (35) para remover a matriz de estampagem (70) para fora do colar (67) estampado, e, então, aspirar a ponta de pino (72) para fora através de um tubo de retorno de ponta de pino (40, 51) para um ponto de coleta.

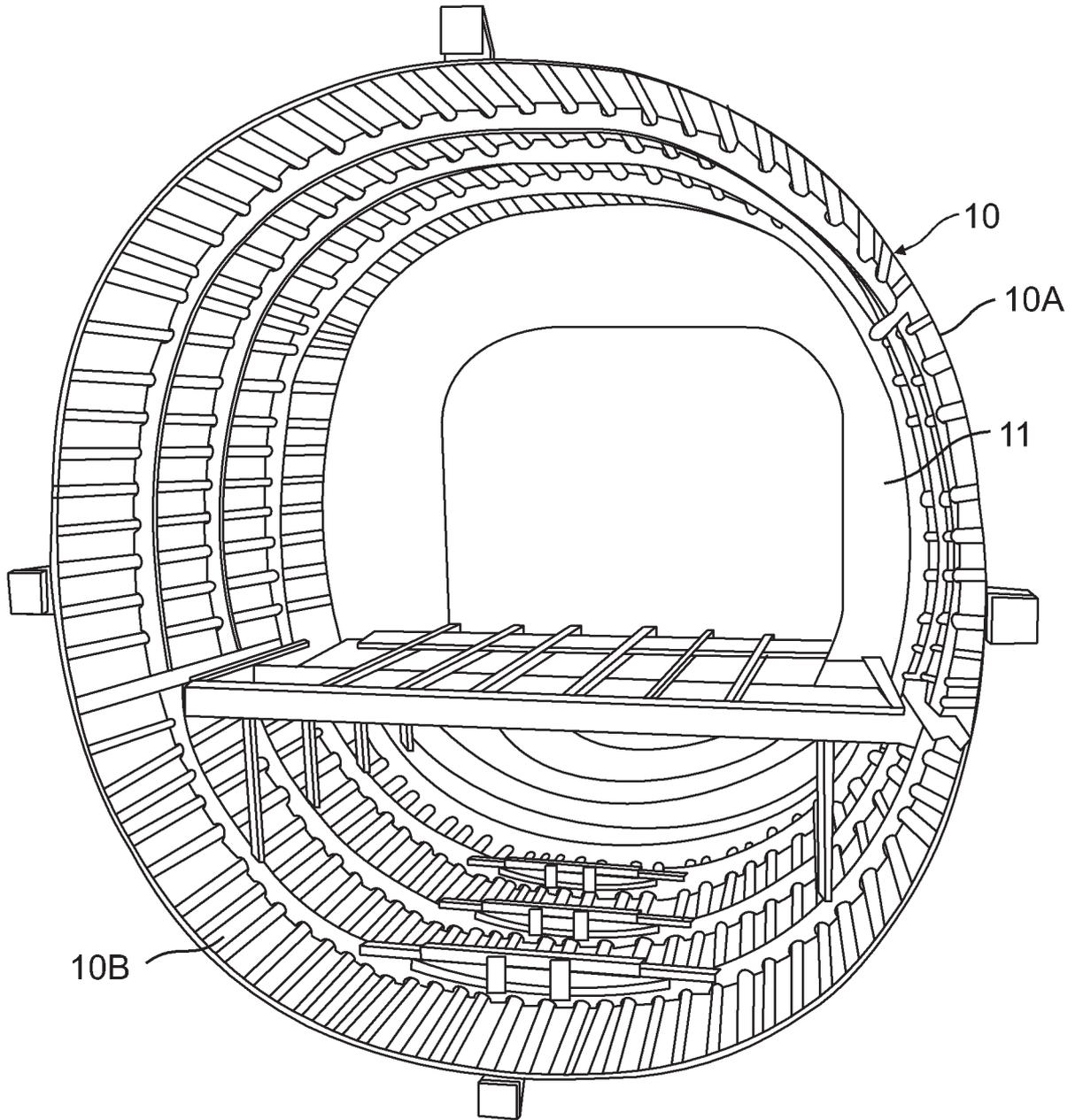


FIG. 1

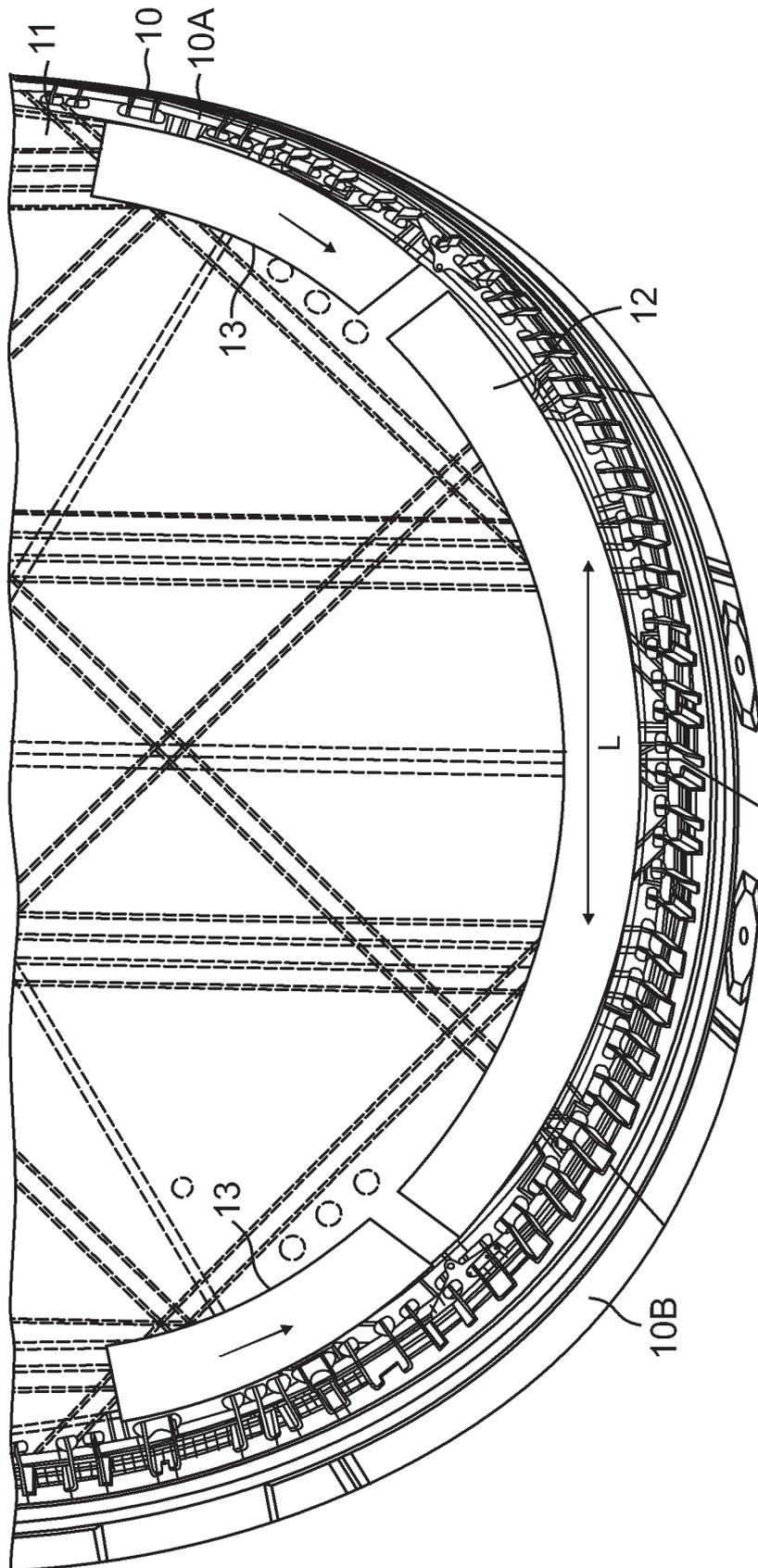


FIG. 2A

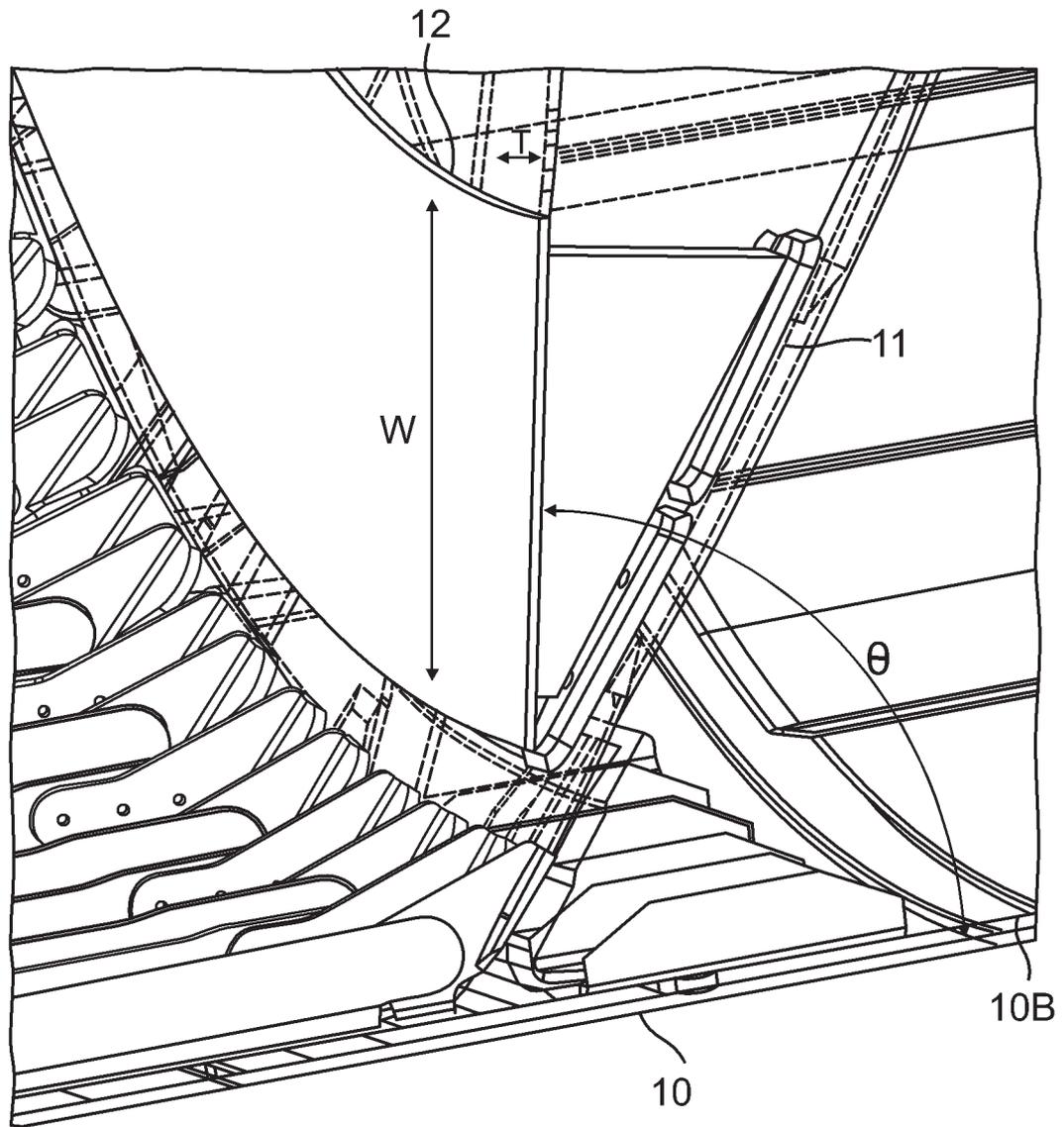


FIG. 2B

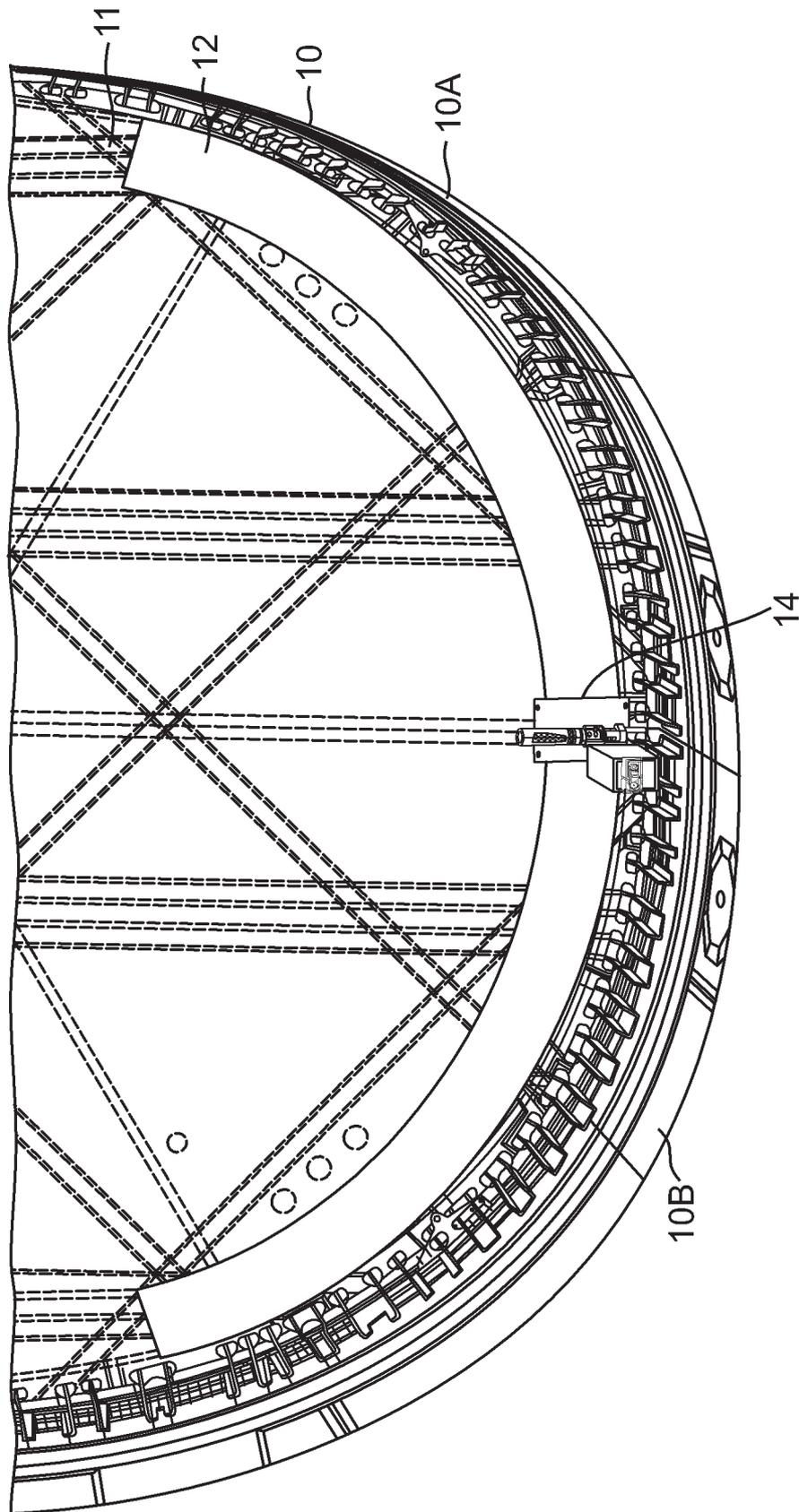


FIG. 2C

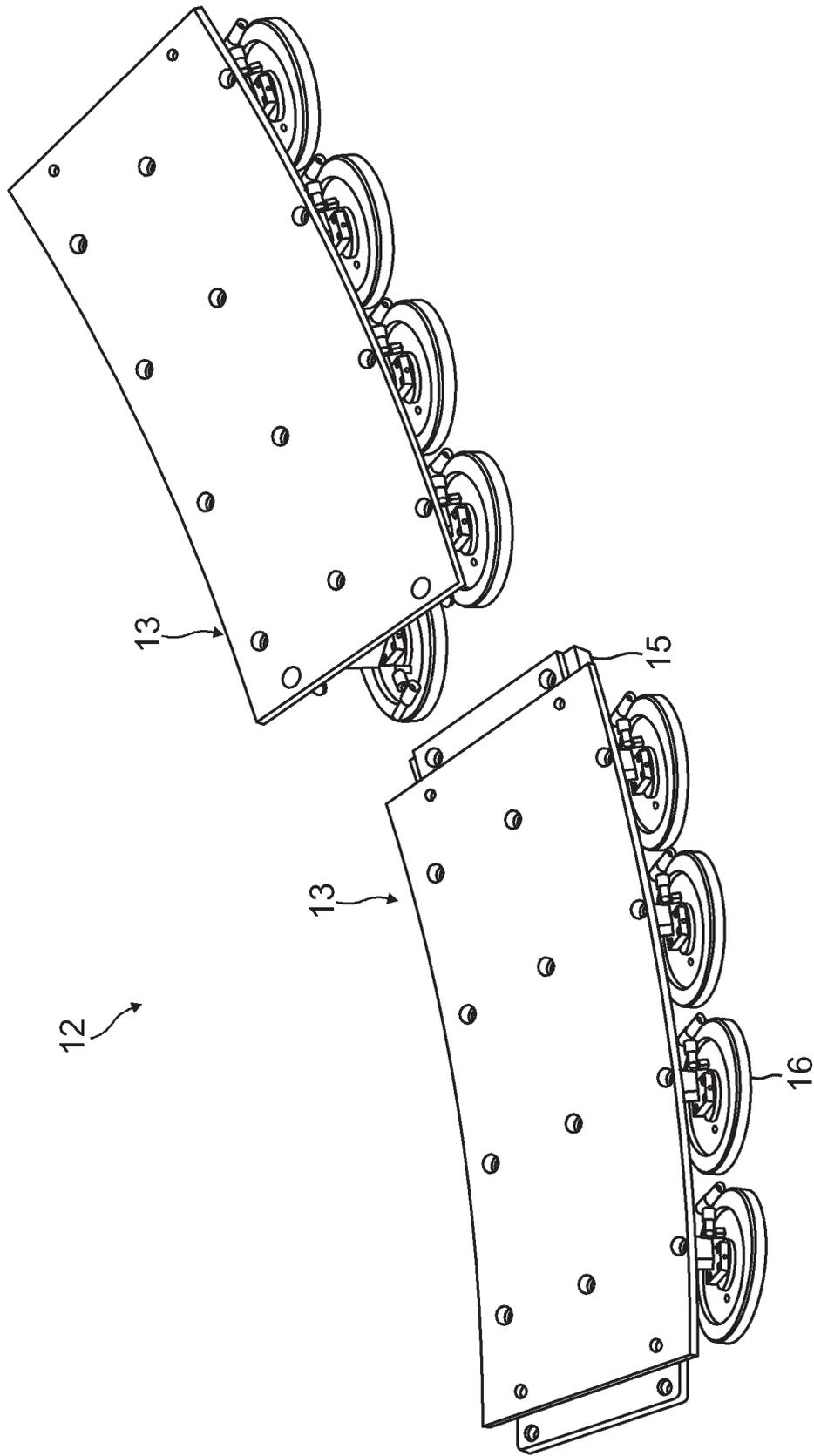


FIG. 3A

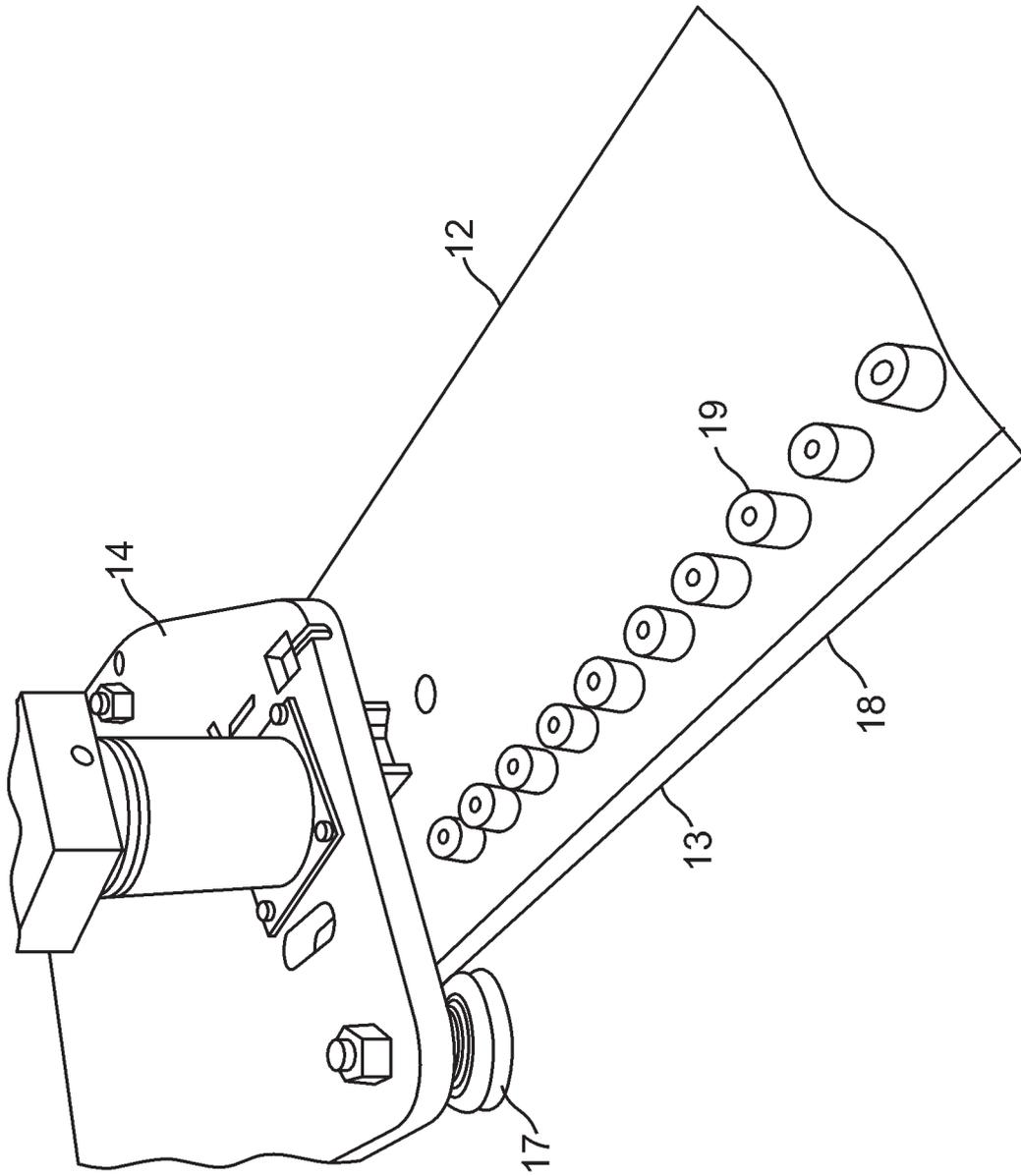


FIG. 3B

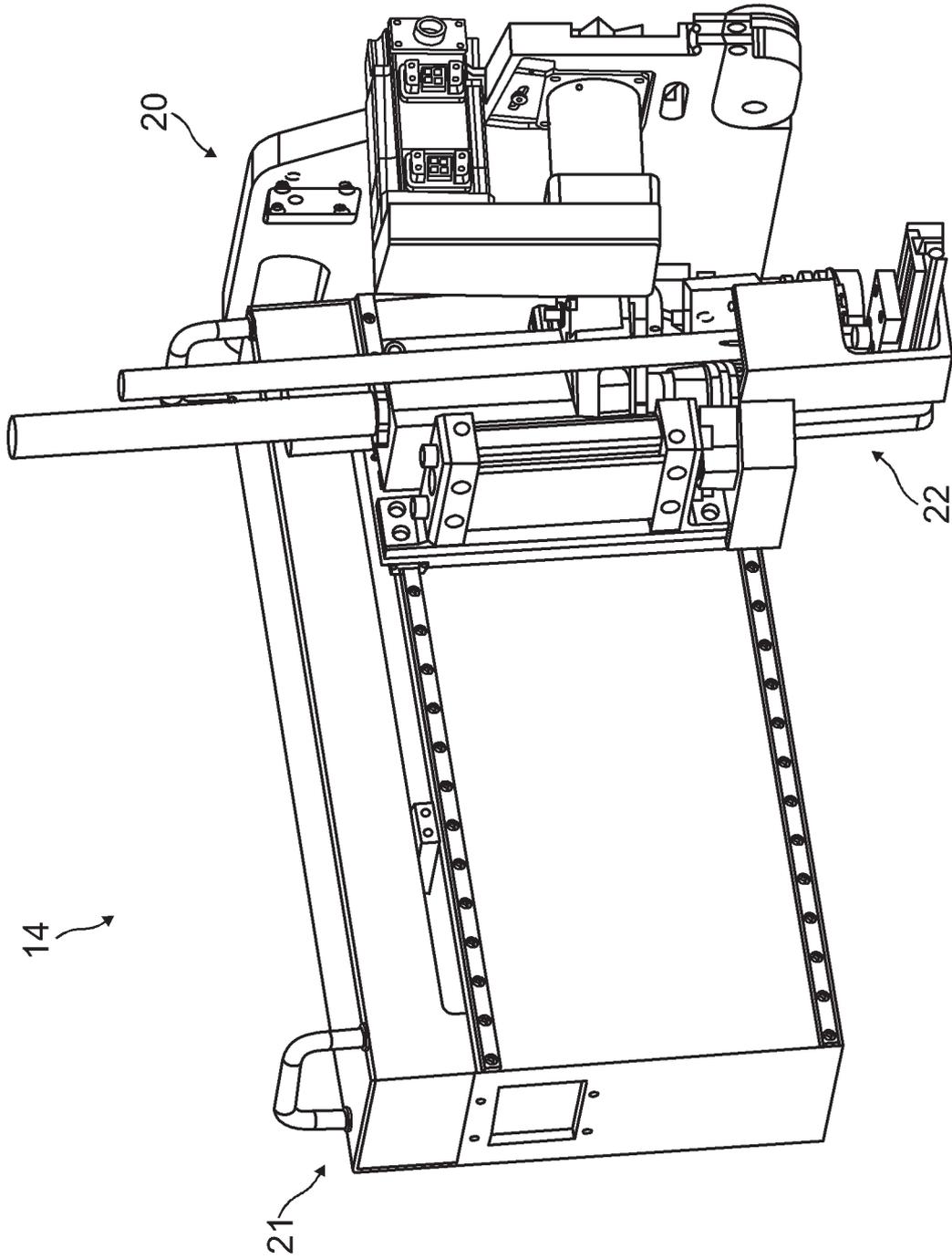
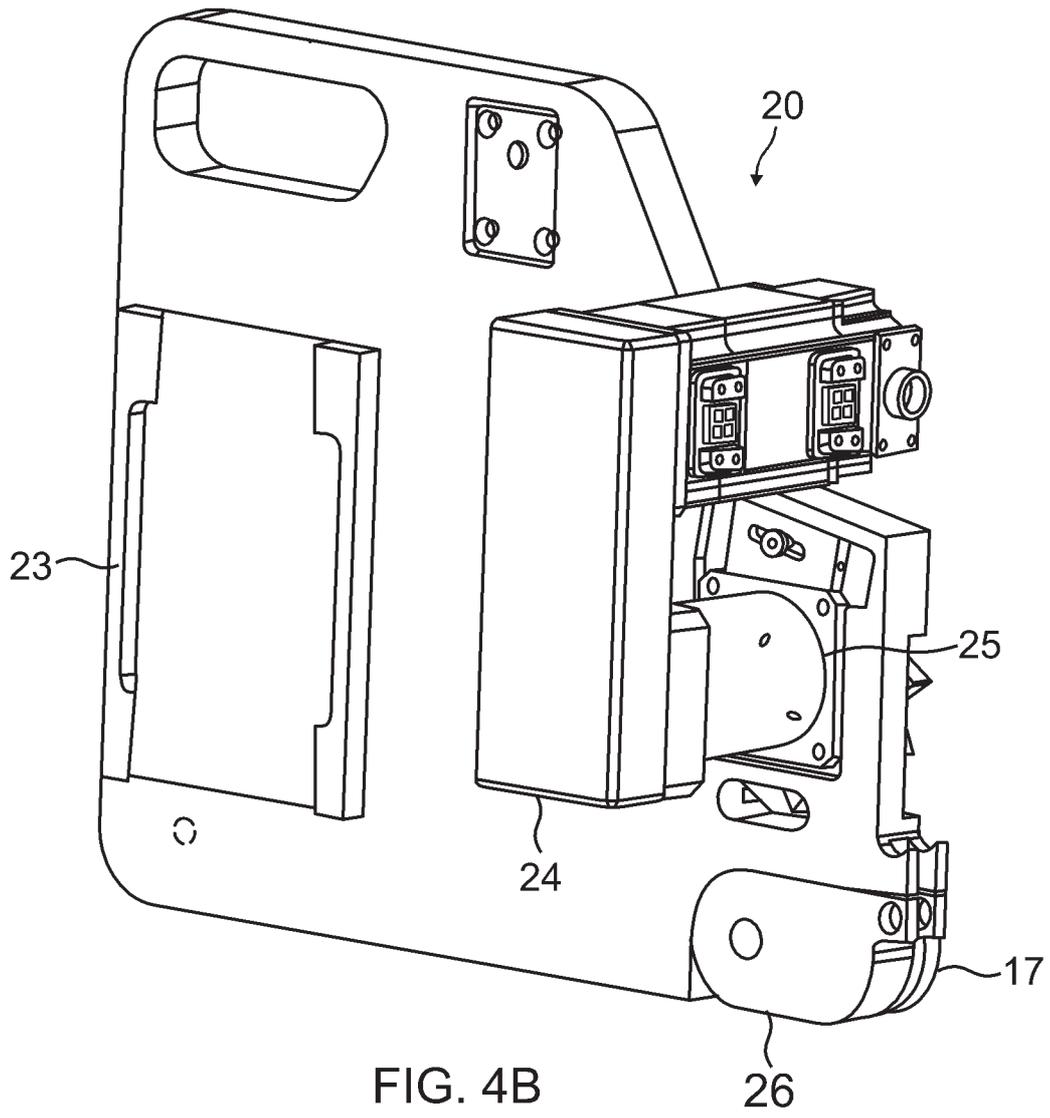


FIG. 4A



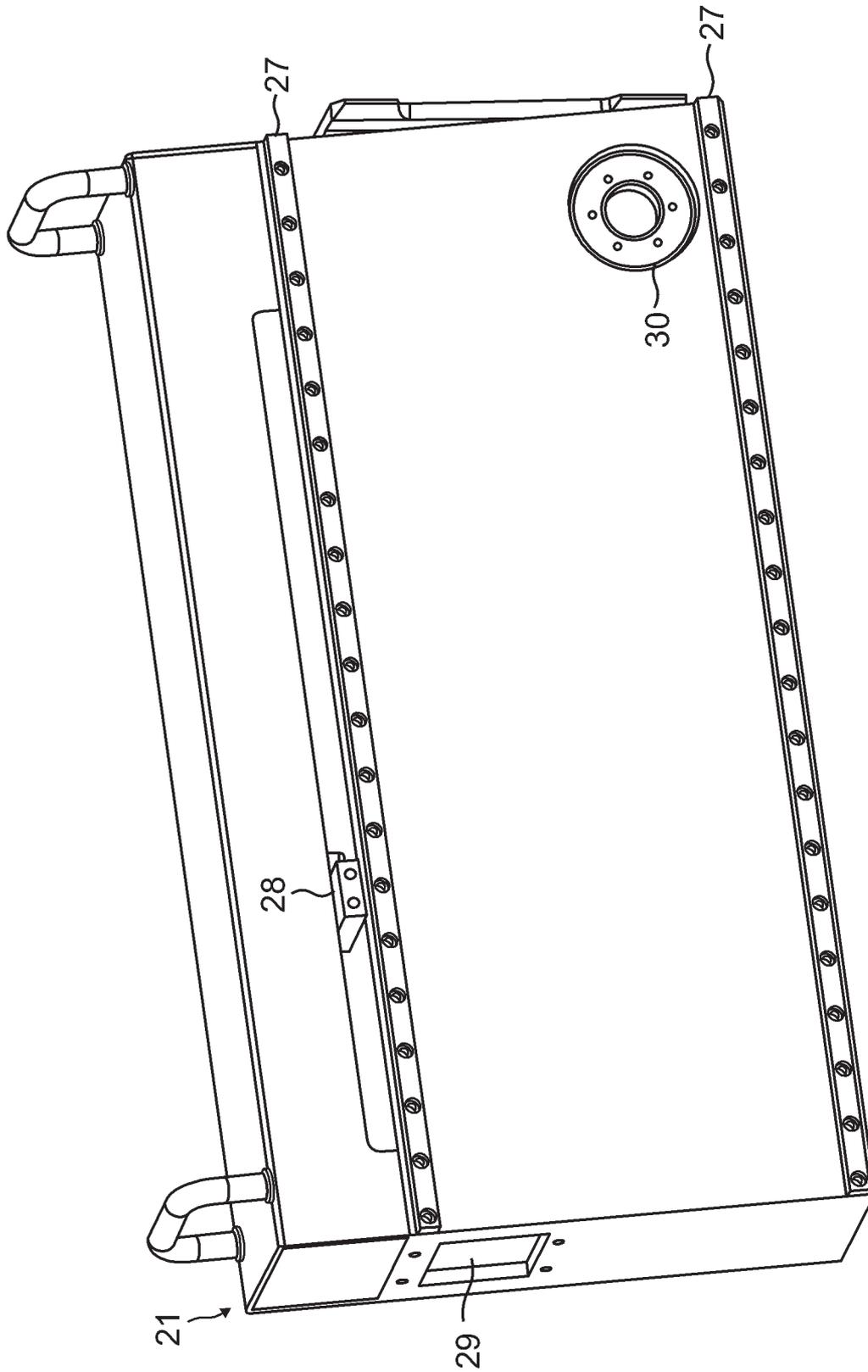


FIG. 4C

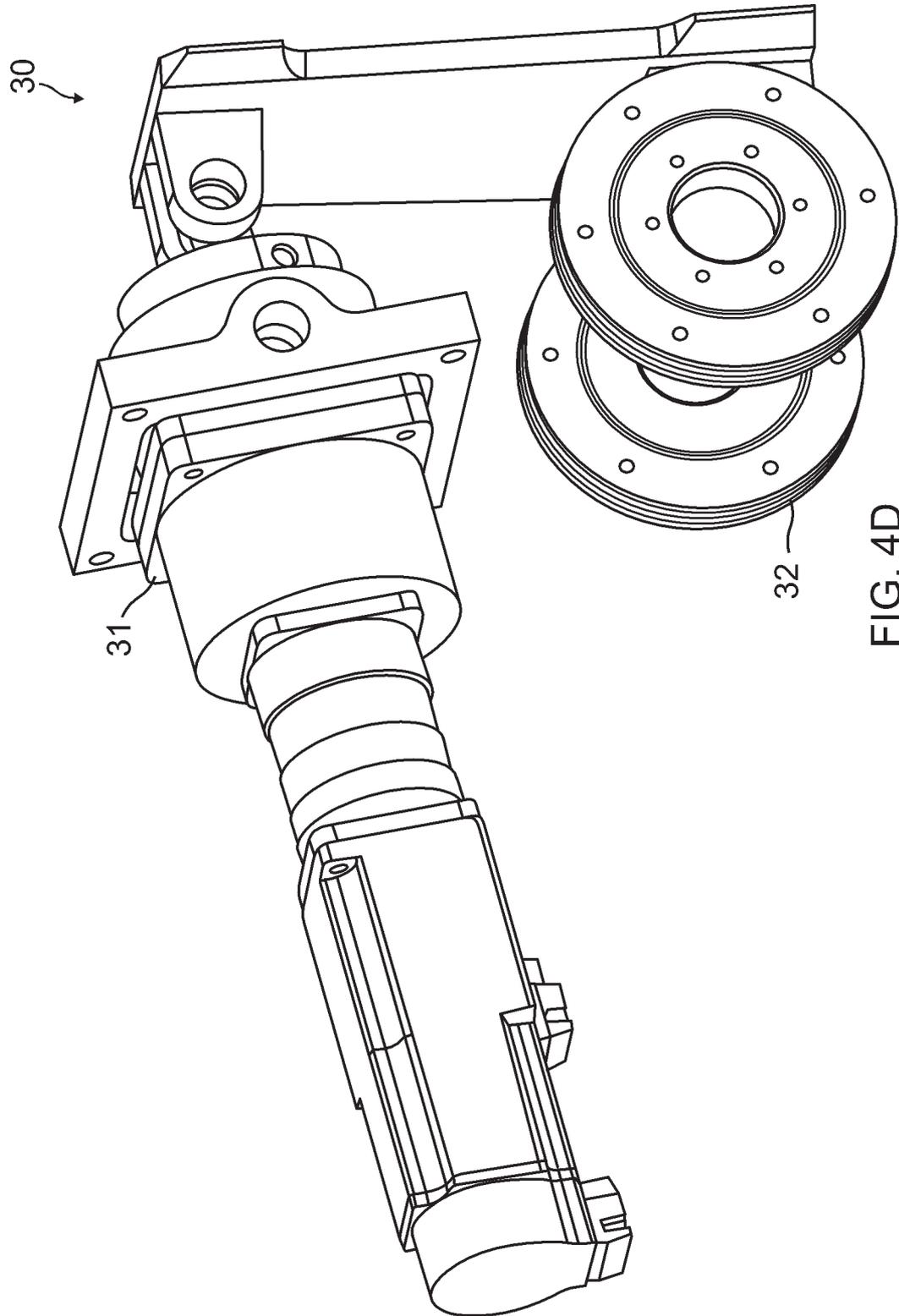


FIG. 4D

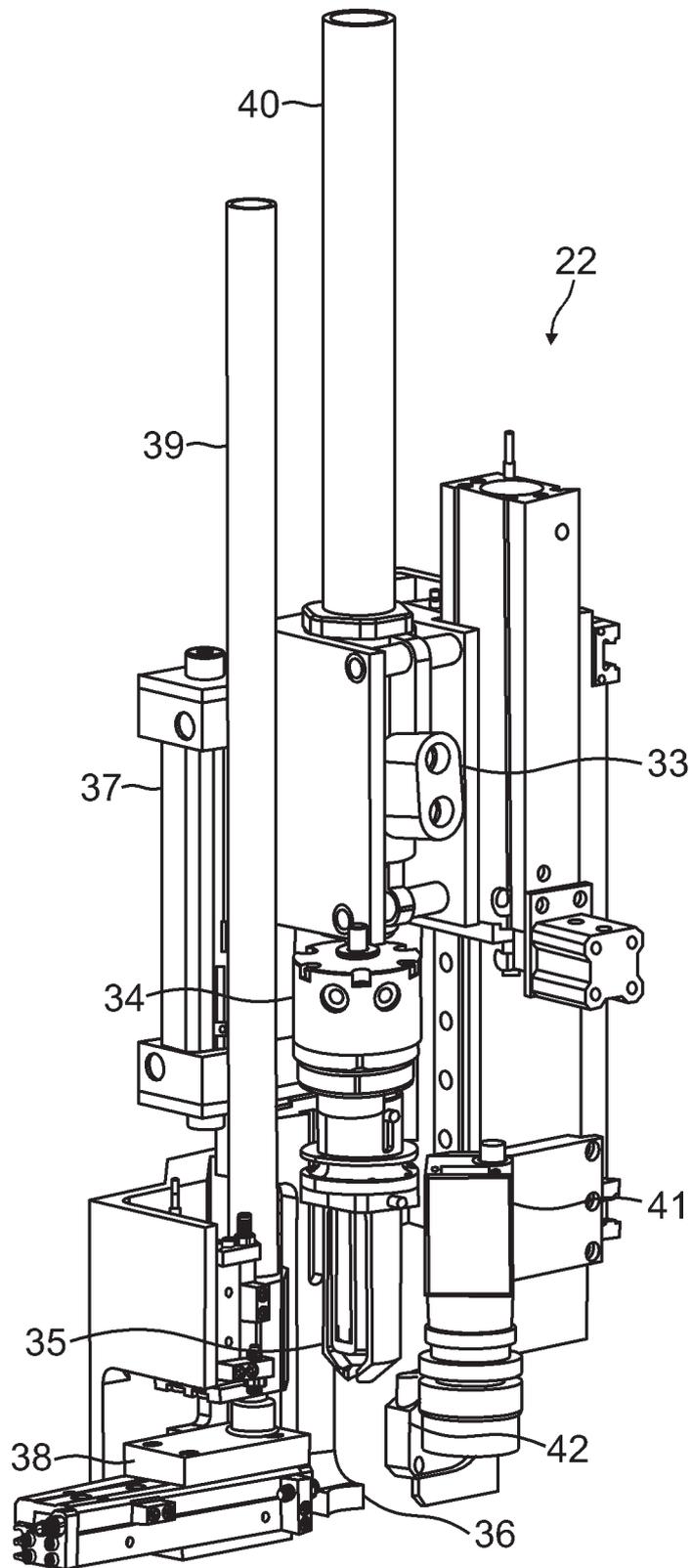


FIG. 4E

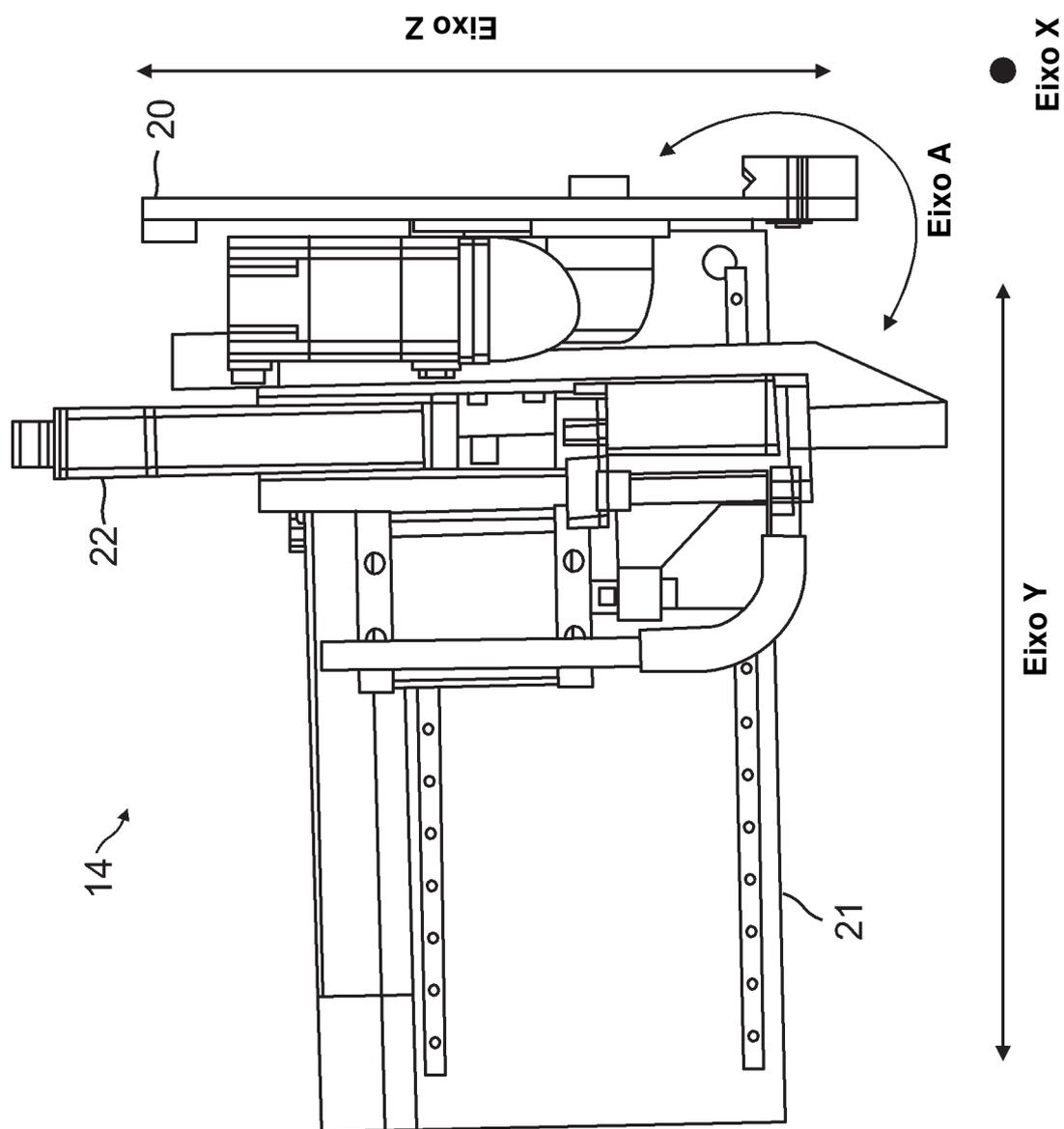


FIG. 4F

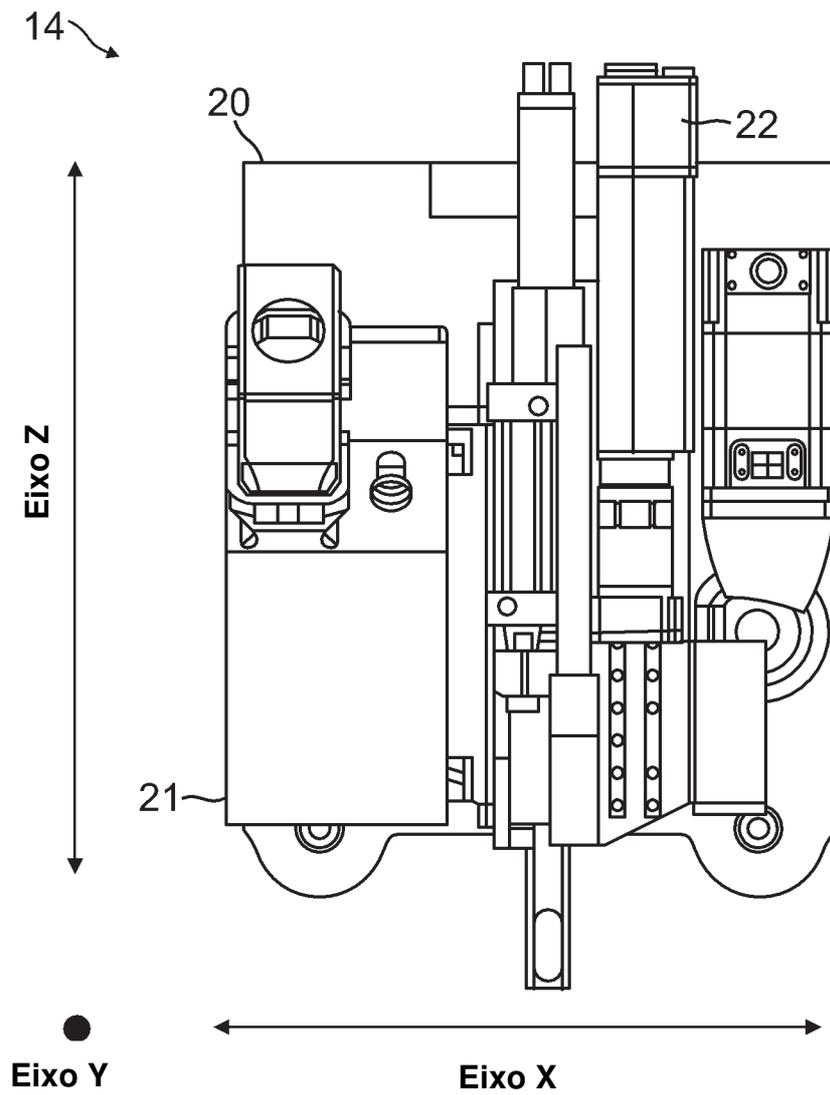


FIG. 4G

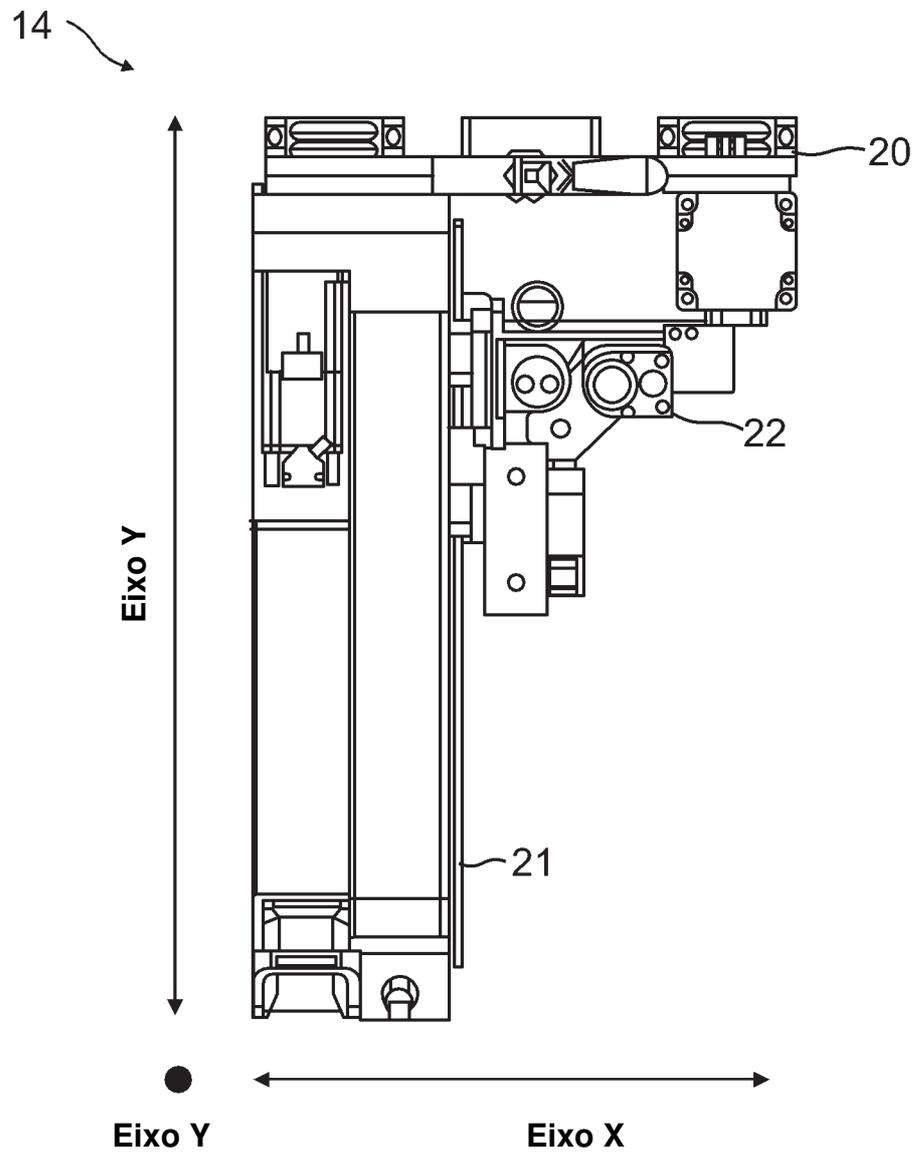


FIG. 4H

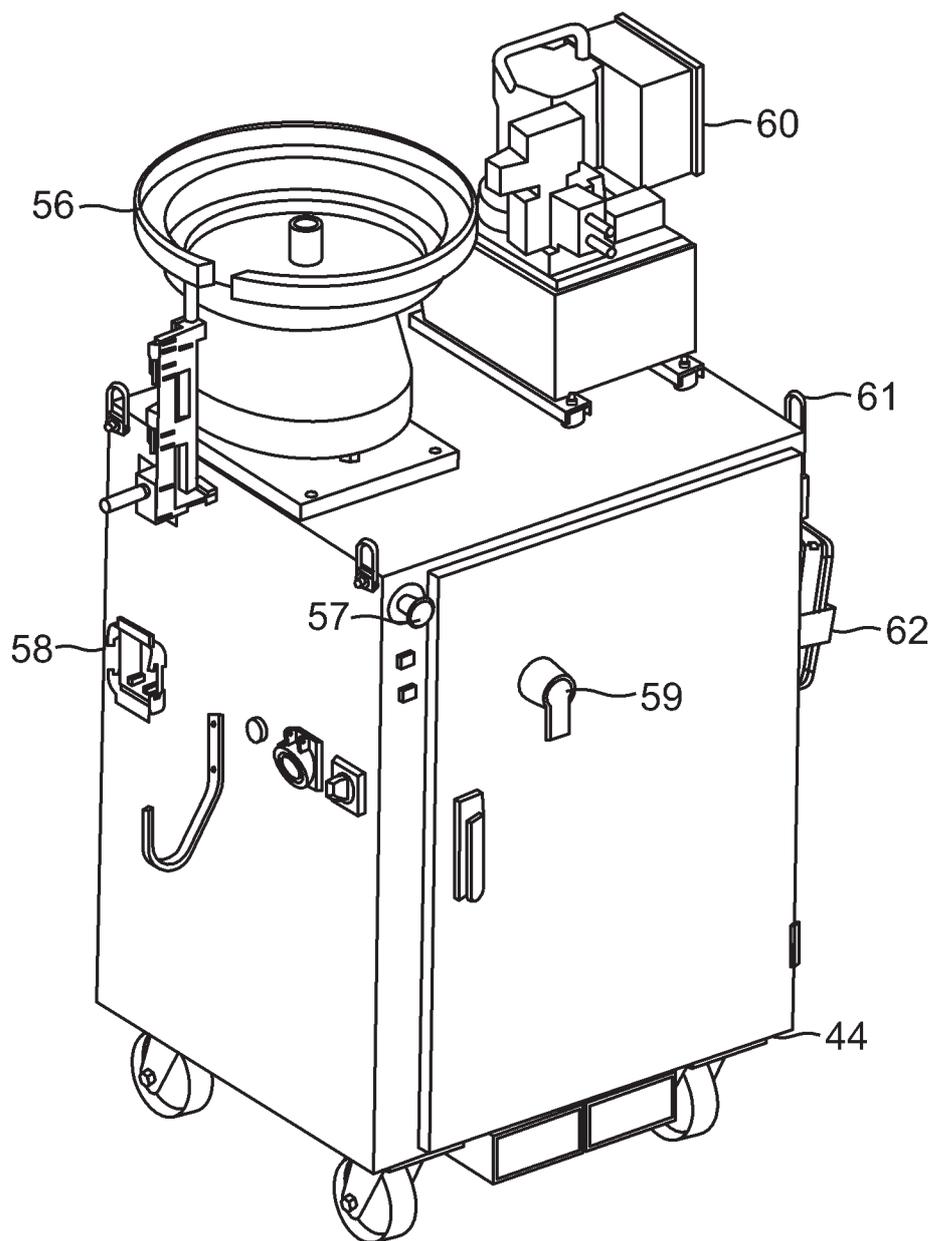


FIG. 5B

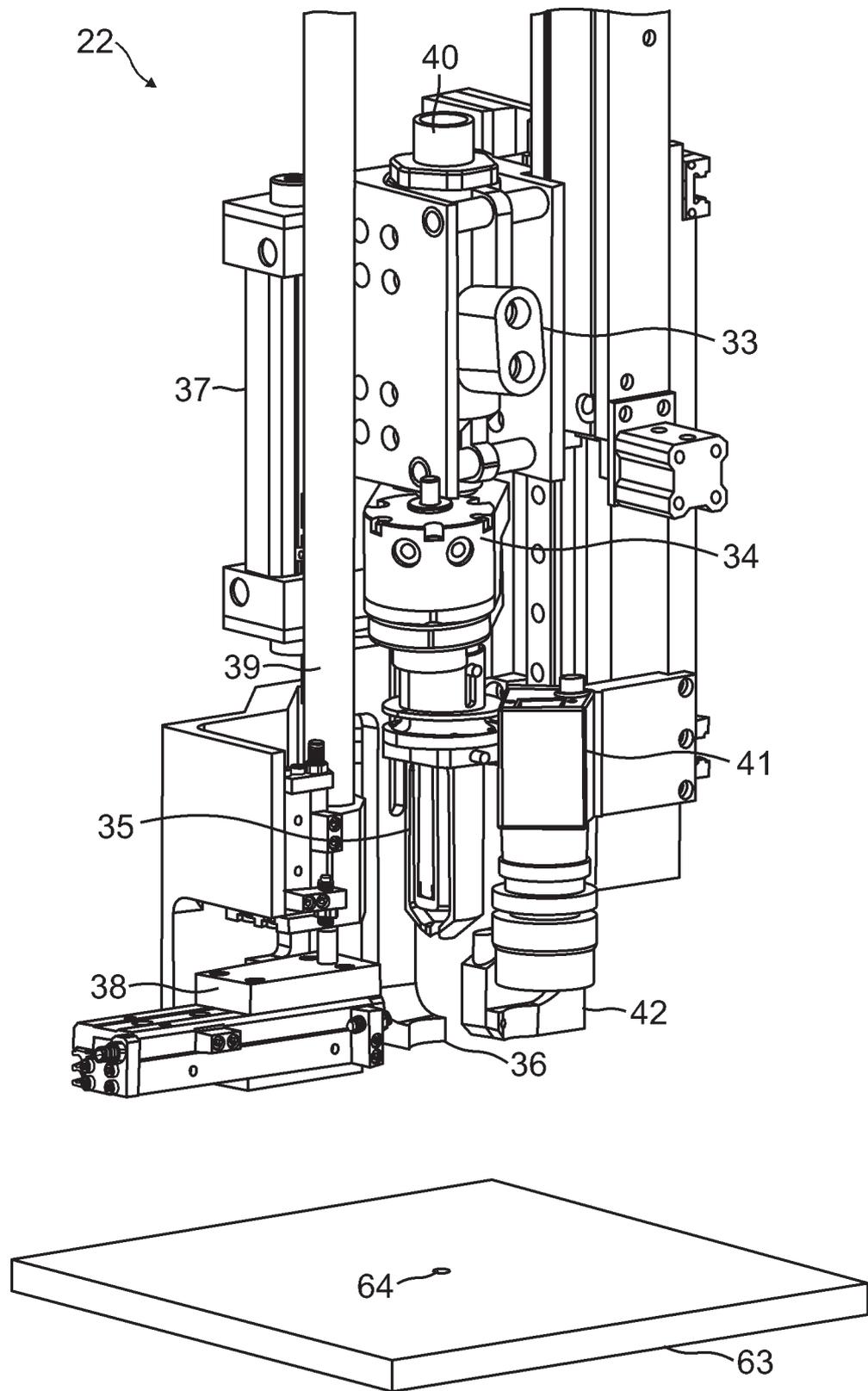


FIG. 6A

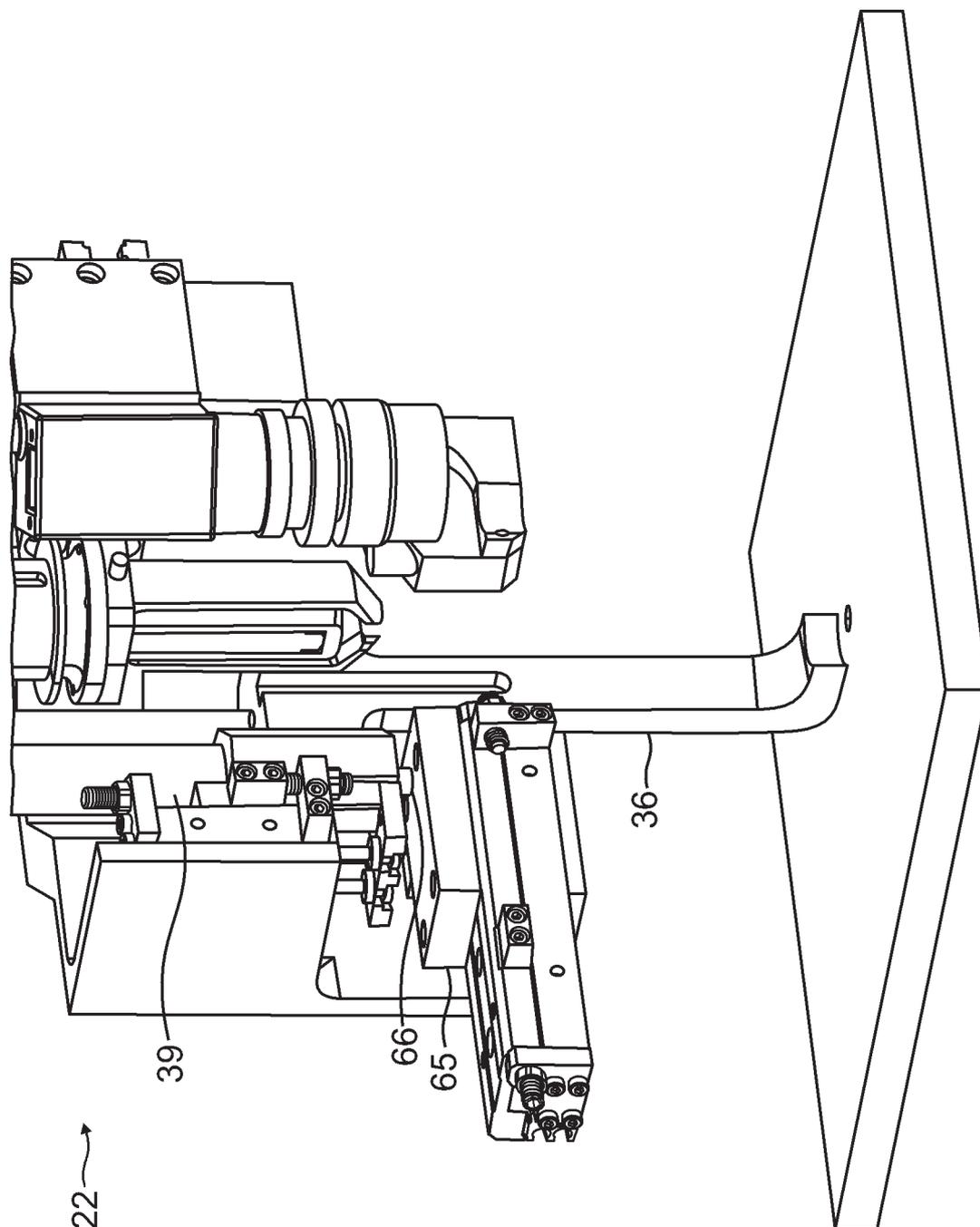


FIG. 6B

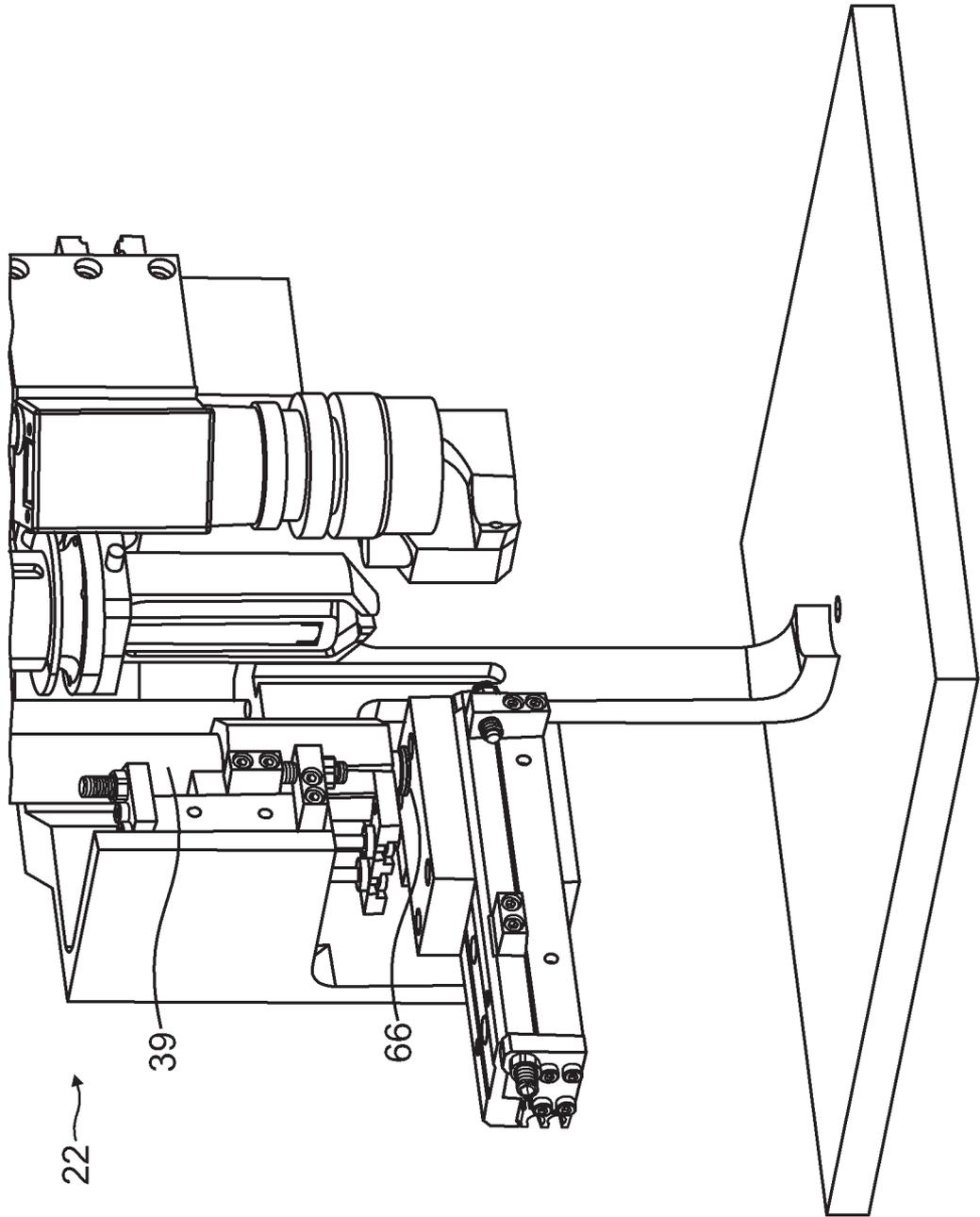


FIG. 6C

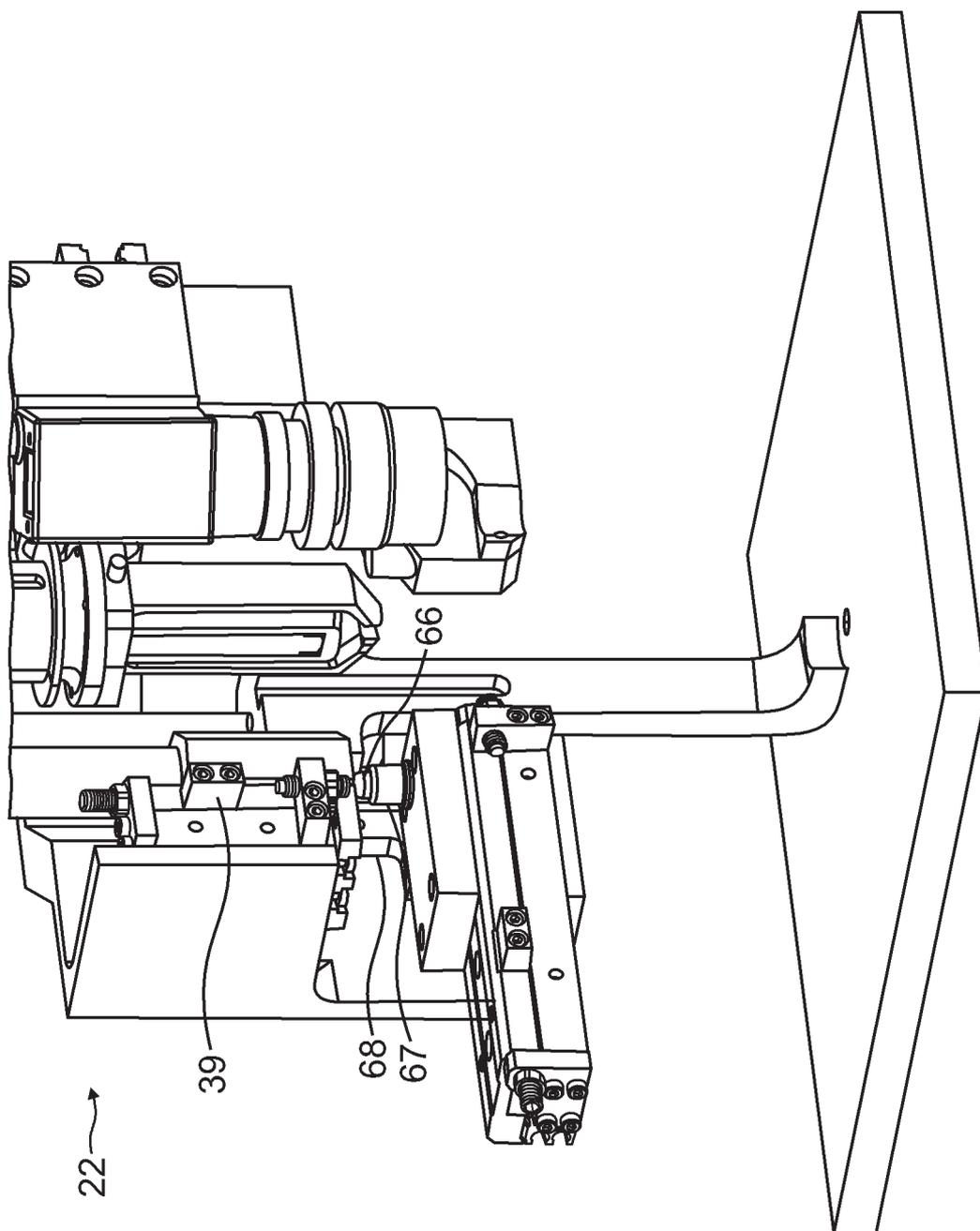


FIG. 6D

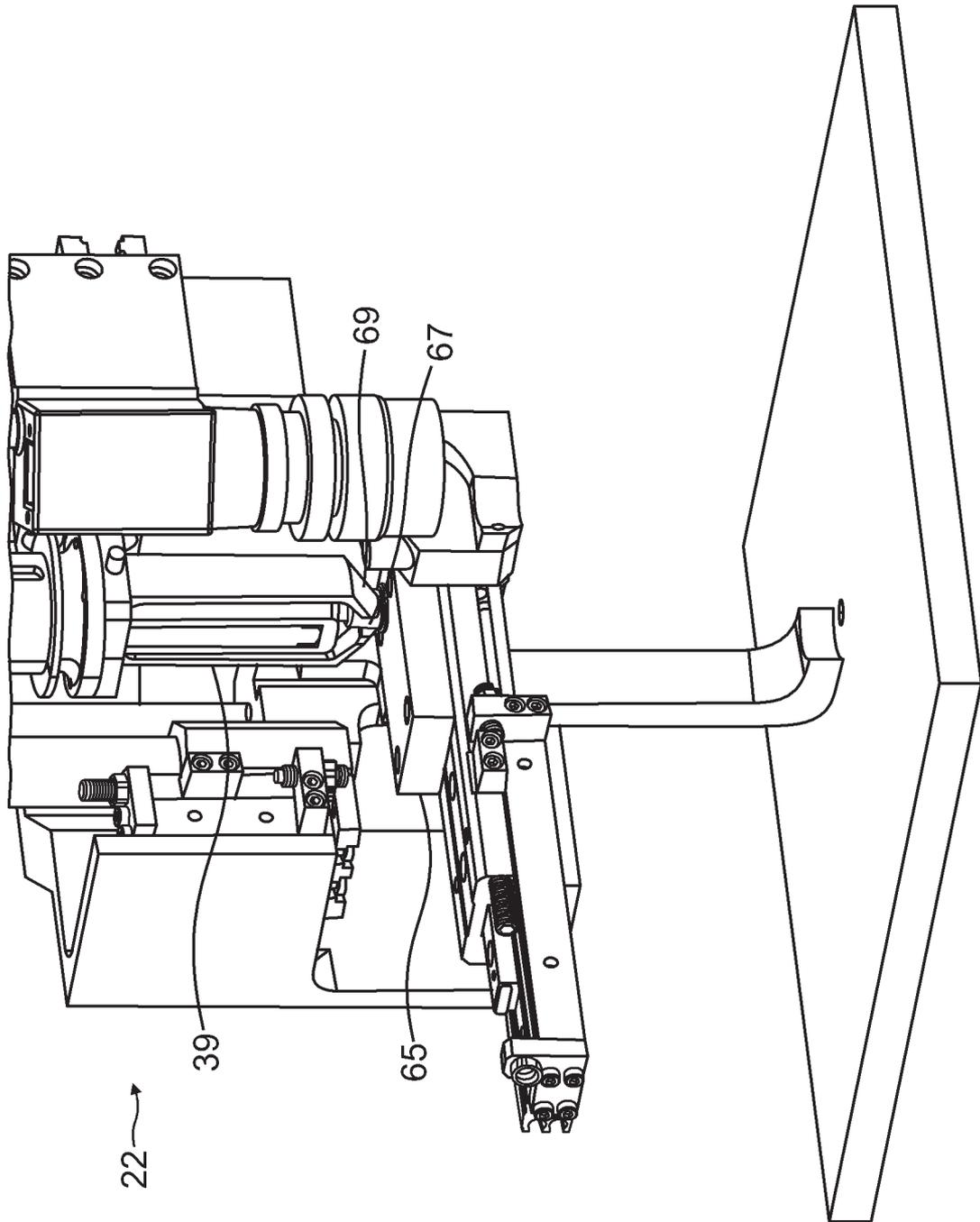


FIG. 6E

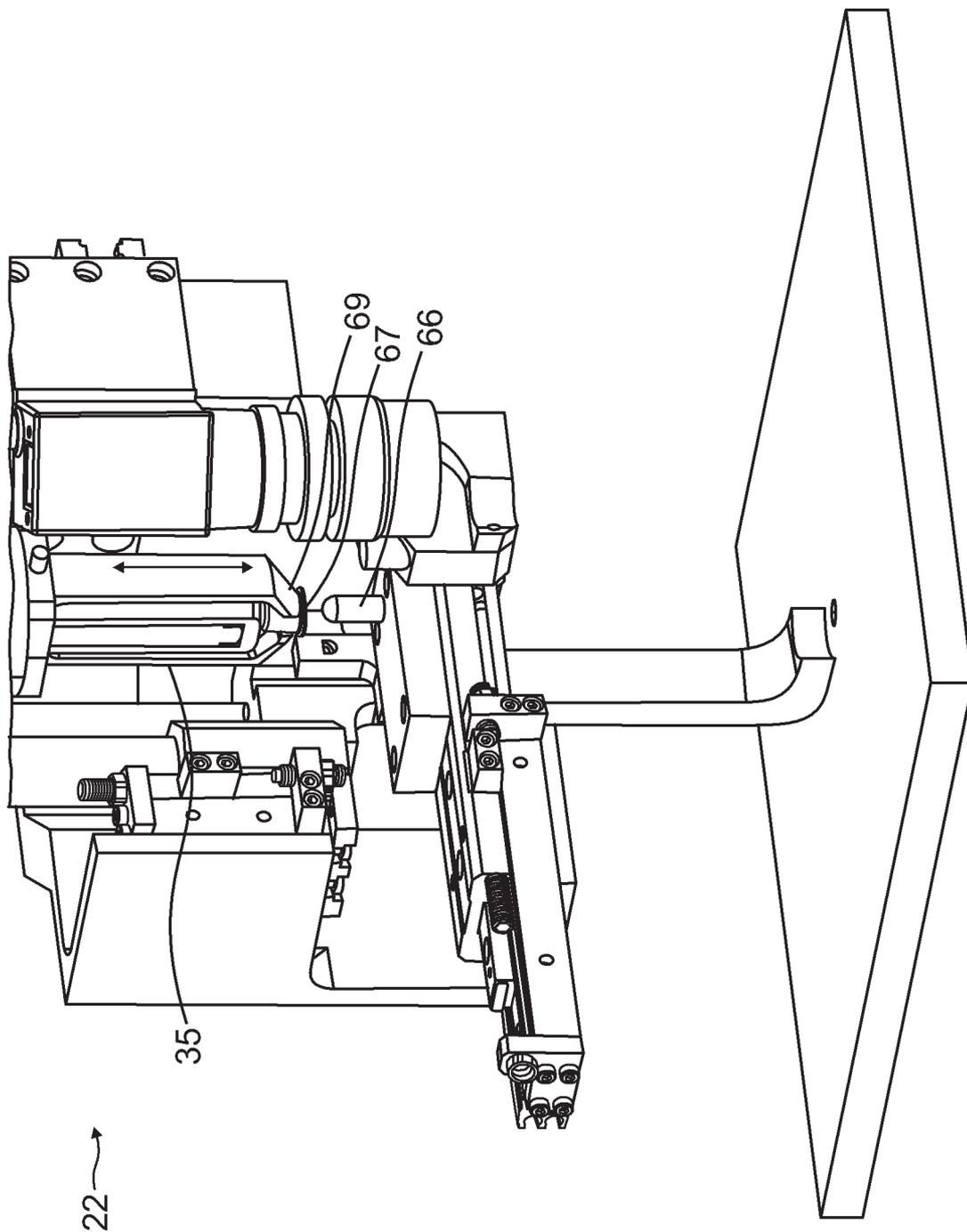


FIG. 6F

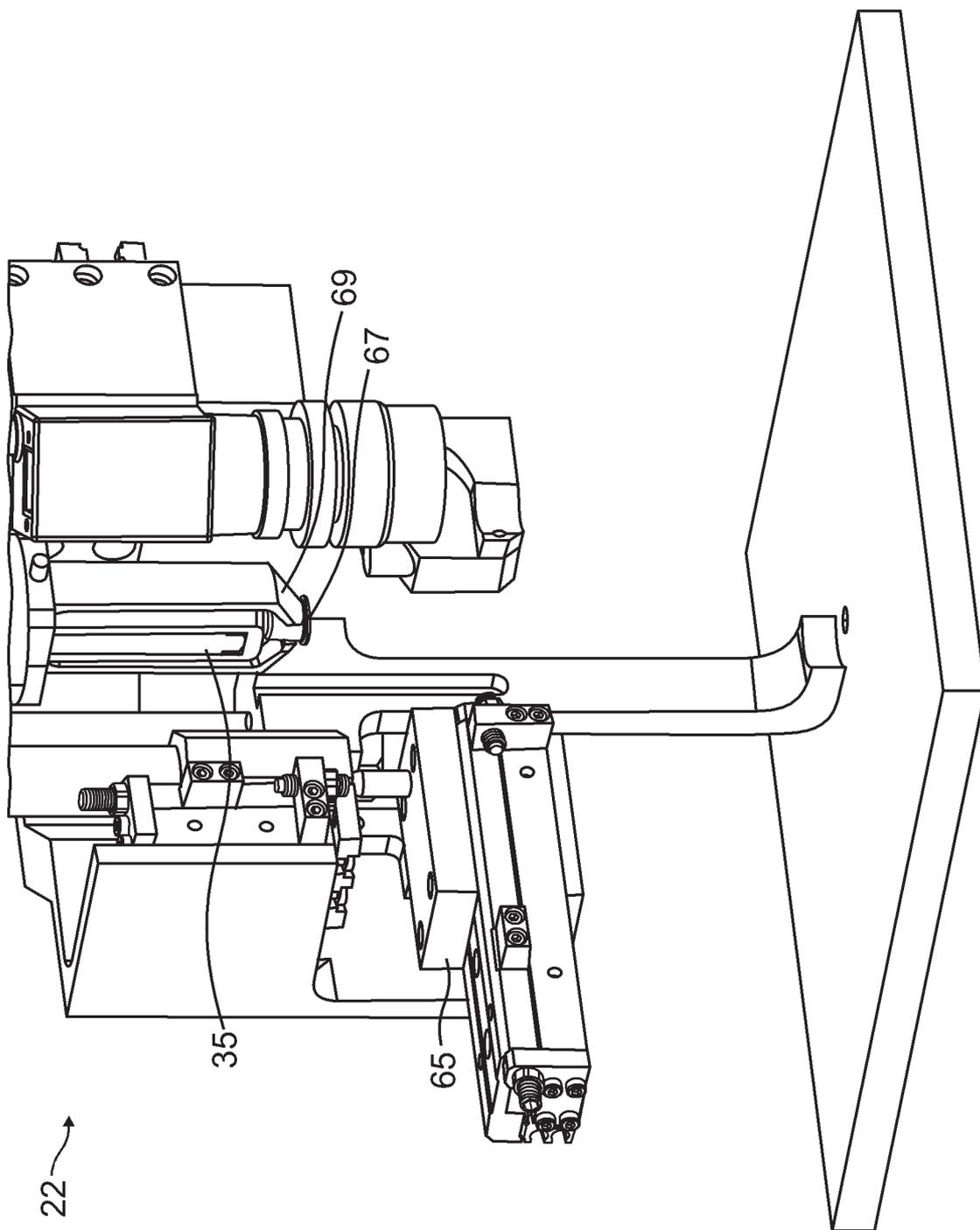


FIG. 6G

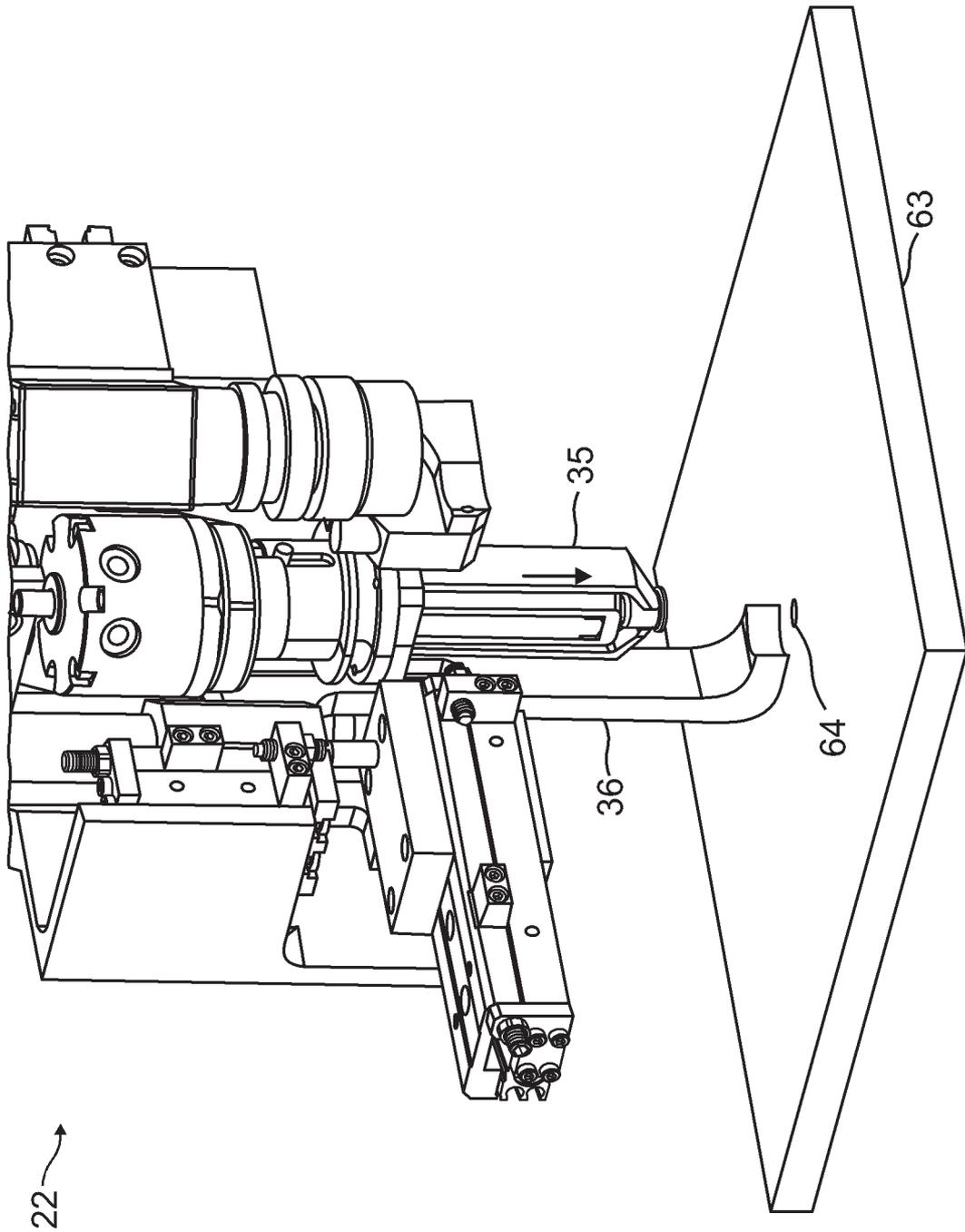


FIG. 6H

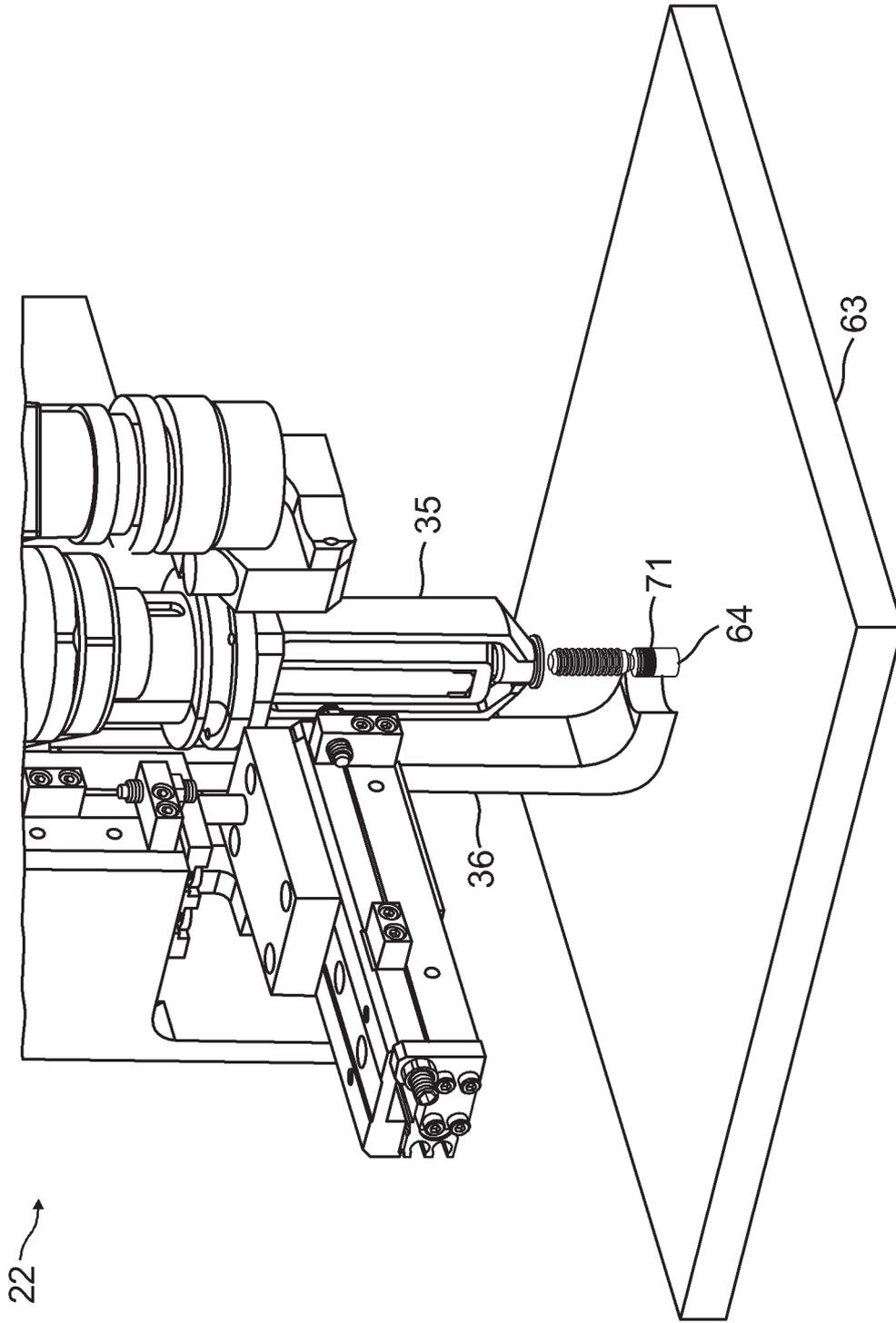


FIG. 6I

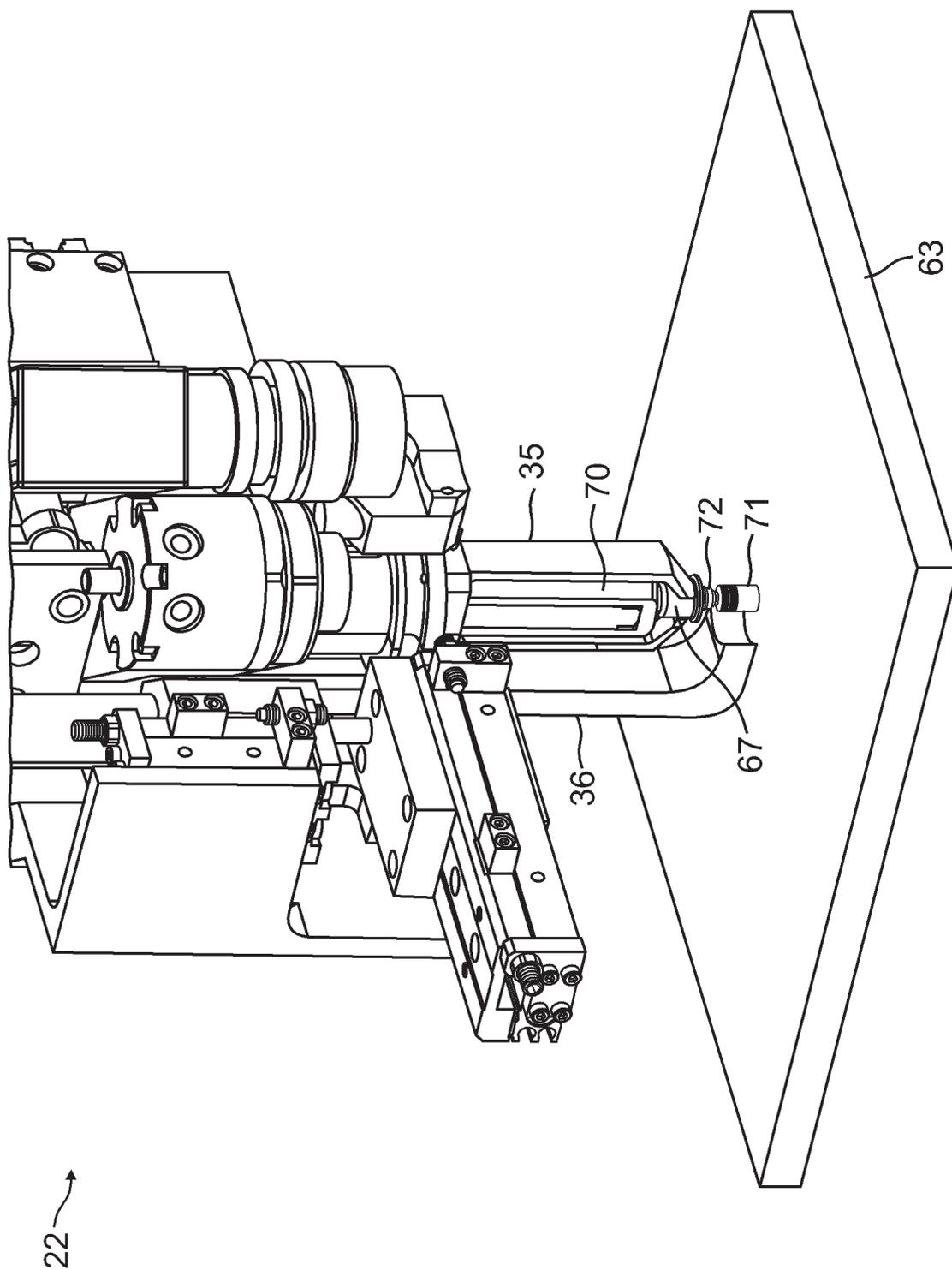


FIG. 6J

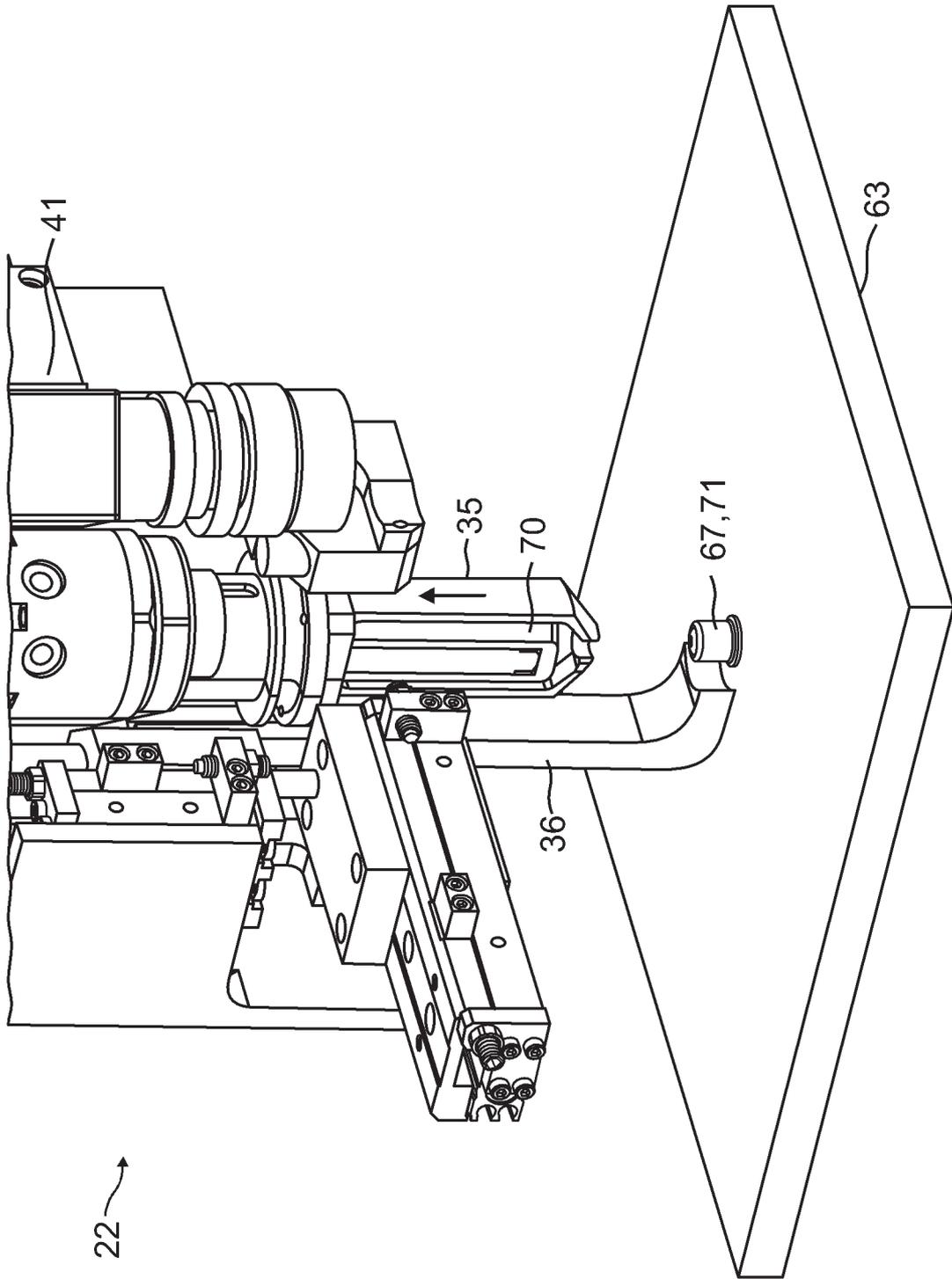


FIG. 6K

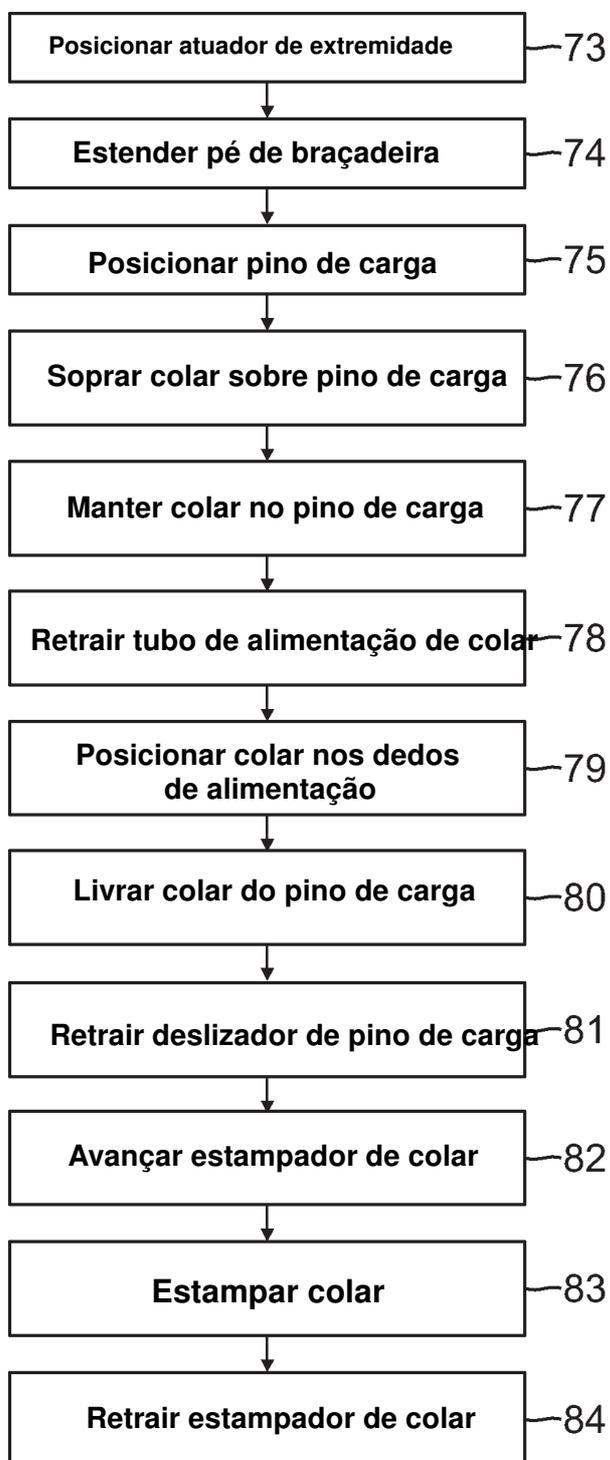


FIG. 7

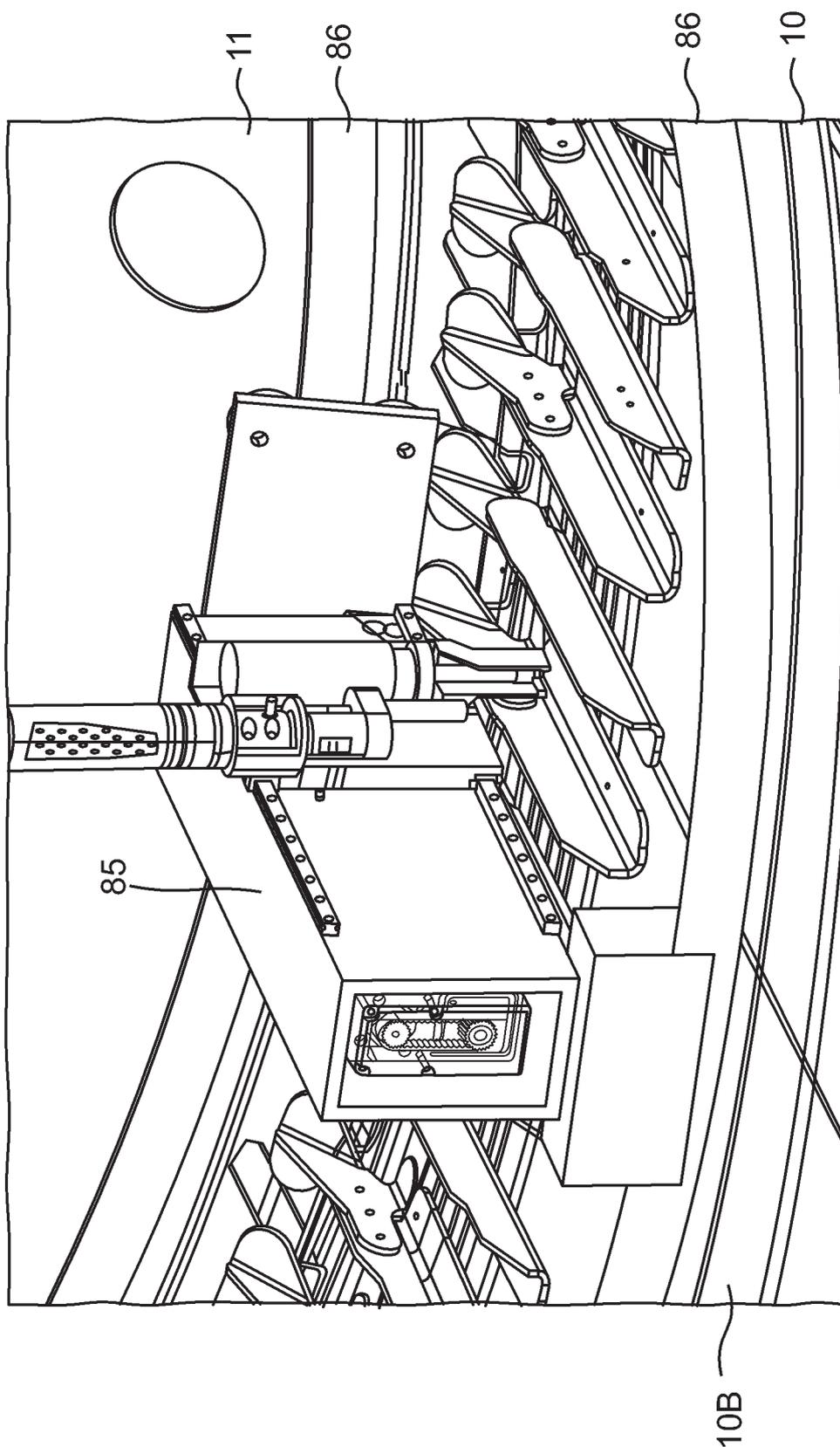


FIG. 8A

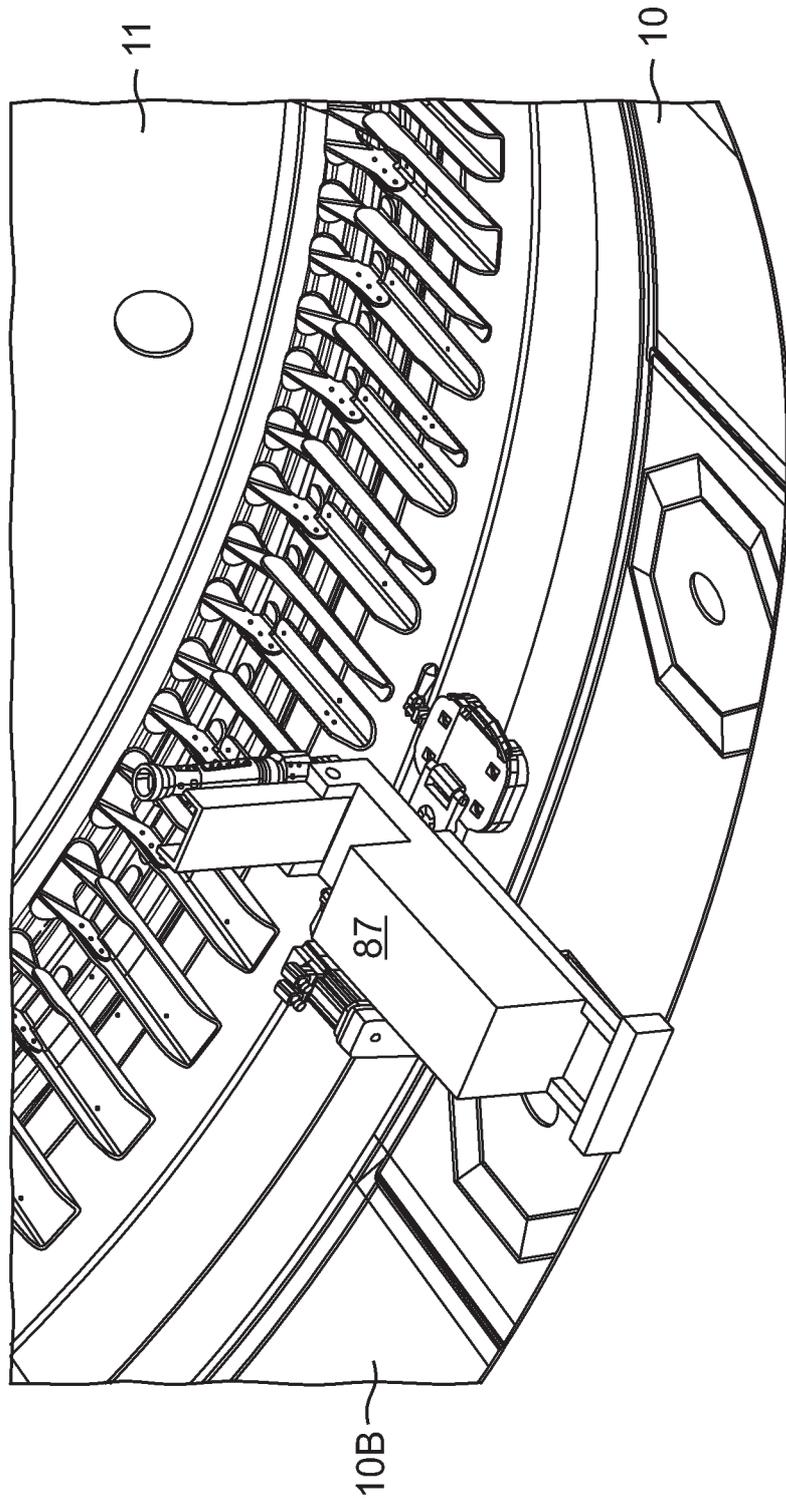


FIG. 8B

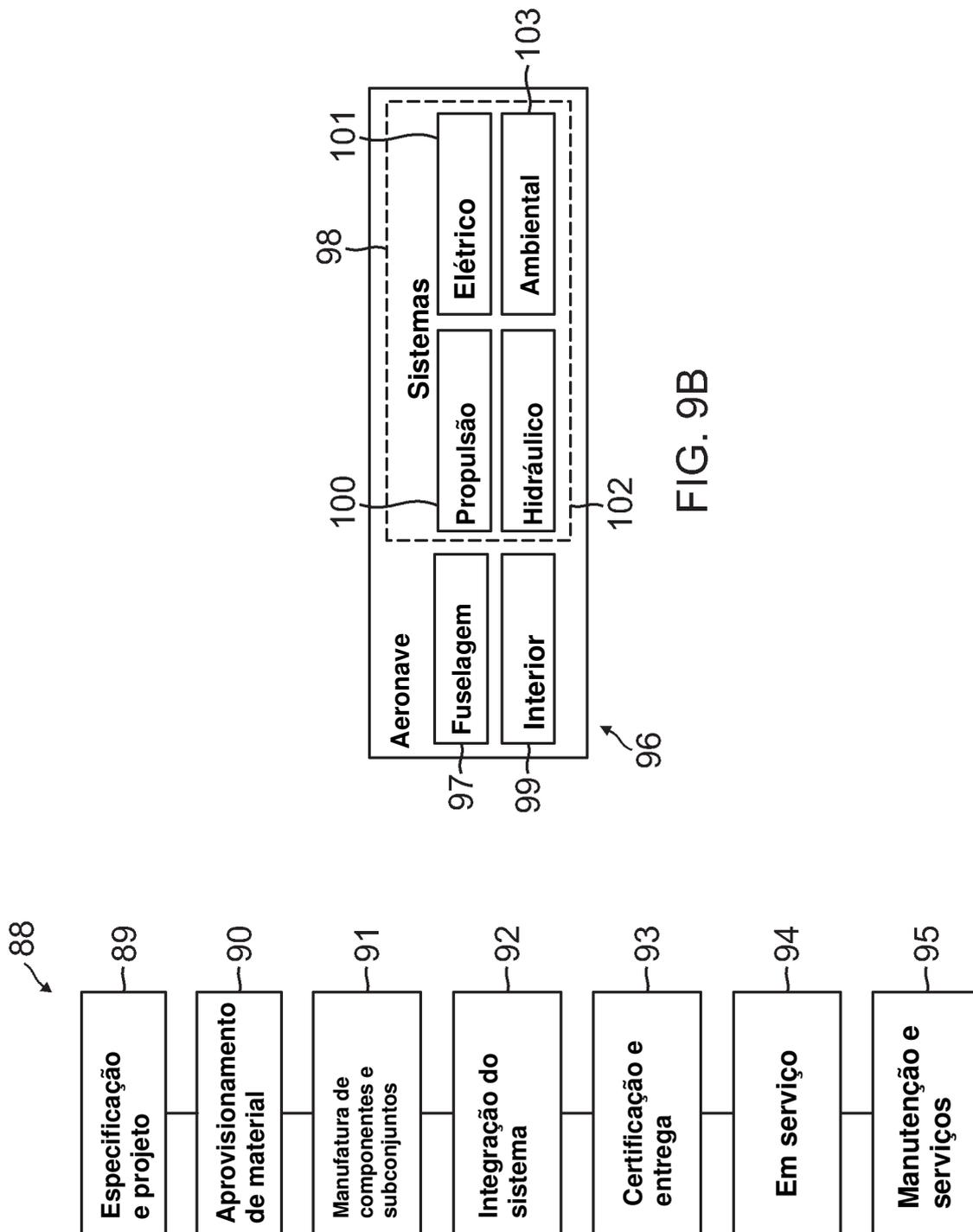


FIG. 9B

FIG. 9A