

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 765 235**

51 Int. Cl.:

B64F 5/10 (2007.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **30.11.2017 E 17204696 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **18.09.2019 EP 3330183**

54 Título: **Máquina de sujeción automática con una pista de aspirado de contorno compuesto para la automatización del ensamblaje final a partir del interior de un fuselaje**

30 Prioridad:

30.11.2016 US 201615365441

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

08.06.2020

73 Titular/es:

**THE BOEING COMPANY (100.0%)
100 North Riverside Plaza
Chicago, IL 60606-2016, US**

72 Inventor/es:

**CHAN, KOWK TUNG;
SISCO, TANNI;
HARTMANN, JOHN;
TOMCHICK, SCOTT CHARLES;
MESTEMACHER, FRANK CHARLES y
HANSONSMITH, RILEY**

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 765 235 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Máquina de sujeción automática con una pista de aspirado de contorno compuesto para la automatización del ensamblaje final a partir del interior de un fuselaje

Información de antecedentes

5 1. Campo

La presente invención se relaciona con la automatización a nivel de fábrica, y en particular con una pista de aspirado de contorno compuesta para la automatización del ensamblaje final a partir del interior de un fuselaje.

2. Descripción de la técnica relacionada

10 La automatización a nivel de fábrica para el ensamblaje de aeronaves incluye la perforación automática de agujeros y la inserción de sujetadores. Por ejemplo, la unión de diferentes secciones de un fuselaje puede automatizarse de dicha manera.

15 El fuselaje puede comprender una carcasa monocasco o semi-monocasco, en donde una serie de marcos en forma de aro en la forma de las secciones transversales del fuselaje se unen a largueros longitudinales que están cubiertos con un revestimiento de material. La mayoría de las aeronaves grandes modernas utilizan diversas secciones grandes, las cuales luego se unen mediante sujeción, remachado o unión para formar el fuselaje completo.

En el ensamblaje de aeronaves, el acceso limitado a las estructuras dentro del fuselaje ha planteado un problema para la automatización. Actualmente, solo la perforación de agujeros y la inserción de sujetadores, tales como pernos de seguridad, se han automatizado a partir del exterior del fuselaje.

20 Por ejemplo, una máquina de perforación automática de ejes múltiples situada fuera del fuselaje se usa actualmente para la perforación de agujeros y la inserción de sujetadores. La máquina de perforación de ejes múltiples comprende un carruaje con un efector final que se desplaza en pistas dobles. El efector final perfora agujeros en el fuselaje e inserta sujetadores en los agujeros.

25 En la actualidad, la sujeción manual de collares en los sujetadores se realiza en el interior del fuselaje. Específicamente, el proceso dentro del fuselaje requiere que los mecánicos instalen herramientas de gestión de huecos y proporcionen abrazaderas para la perforación de agujeros y la inserción de sujetadores. Los mecánicos también deben seguir y alinear la máquina de perforación de ejes múltiples colocada fuera del fuselaje, e instalar y estampar manualmente los collares a partir del interior del fuselaje.

30 Sin embargo, la sujeción manual plantea una serie de problemas, que incluyen consideraciones ergonómicas y de seguridad, tiempo de entrega del producto y retrabajo. Por otro lado, la pista utilizada para la máquina de perforación automática de múltiples ejes situada fuera del fuselaje no es adecuada para su uso dentro del fuselaje.

Lo que se necesita, entonces, son métodos mejorados de automatización de fábrica, especialmente para el ensamblaje final dentro de un fuselaje. La presente invención satisface esta necesidad.

35 El documento US-A-6,098,260 discute un sistema de ensamblaje de sujeción para aplicar sujetadores a lo largo de las costuras de una estructura cilíndrica. El aparato de sujeción incluye una unidad base la cual se une de forma liberable a una estructura cilíndrica, y un primer dispositivo de sujeción acopla la unidad base para aplicar sujetadores a lo largo de una costura de la estructura cilíndrica. La unidad base puede realizarse como dos miembros en forma de media luna en alineación paralela para unirse a la mitad superior de la estructura cilíndrica. Alternativamente, la unidad base puede incluir una placa base que se puede unir a las vigas del piso en el interior de la estructura cilíndrica. El primer dispositivo de sujeción coopera con un segundo dispositivo de sujeción situado en el lado opuesto de la estructura cilíndrica durante el proceso de sujeción.

40 El documento US-A-6,073,326 discute un proceso portátil para la sujeción automática de estructuras de aeronaves. Se emplean dos elementos principales para ubicar e instalar sujetadores pasantes del revestimiento. Las unidades internas y externas se unen a un fuselaje y se clasifican entre sí a través de agujeros de coordinación que se han perforado previamente a través de la estructura. La estructura de la aeronave se ensambla con los agujeros de coordinación que se han perforado previamente alineando las partes adyacentes del fuselaje e insertando pasadores de alineación. Los pasadores de alineación proporcionarán un grado de sujeción para unir las partes y proporcionar clasificación para los sistemas de rieles de conexión de aspirado internos y externos.

45 El documento US-A-5,687,463 discute un aparato para posicionar herramientas con respecto a una pieza de trabajo, tal como para colocar un yunque y sujetar miembros en la superficie interna de un fuselaje que está remachado. El aparato comprende un cabezal de herramientas, un marco para soportar el cabezal, un carruaje para mover el marco con respecto a la pieza de trabajo que incluye el movimiento del marco a lo largo de un eje. El marco se puede mover radialmente del eje hacia y lejos de la pieza de trabajo para el macro-movimiento del cabezal. El cabezal también se puede mover en relación con el marco para el movimiento de las herramientas radialmente del eje hacia y lejos de la

pieza de trabajo para el micro movimiento de las herramientas para sujetar y soltar la pieza de trabajo, así como para despejar las porciones de brida de los largueros que están remachados a la pieza de trabajo.

5 El documento US-A1-2016/167109 discute un cilindro para almacenar una pluralidad de anillos a prensar, comprendiendo dicho cilindro un cuerpo base que incluye una salida de distribución, un cuerpo cilíndrico principal montado de modo que pueda girar a lo largo de un eje del cilindro con respecto a dicho cuerpo base en una pluralidad de posiciones angulares, dicho cuerpo cilíndrico principal comprende una pluralidad de fundas las cuales están paralelas entre sí y cada una adecuada para acomodar una pluralidad de anillos, estando dispuesta cada funda para conducir a dicha salida de distribución de dicho cuerpo base para una posición angular predeterminada de dicho cuerpo cilíndrico principal.

10 Resumen

Para superar las limitaciones de la técnica anterior descrita anteriormente, y para superar otras limitaciones que se harán evidentes al leer y comprender la presente especificación, la presente invención divulga una máquina de sujeción automática, que utiliza una pista de aspirado de contorno compuesta, para la automatización de ensamblaje final dentro del fuselaje de una aeronave.

15 De acuerdo con un aspecto, se proporciona un dispositivo para sujetar una estructura, como se define en la reivindicación 1. De acuerdo con otro aspecto, se proporciona un método para sujetar estructuras, como se define en la reivindicación 8.

Los dispositivos y métodos de la presente invención se realizan de diversas maneras, que incluyen, pero no se limitan a, las siguientes realizaciones.

20 Dibujos

Con referencia ahora a los dibujos en los cuales nombres similares y números de referencia representan partes correspondientes en todo:

La Figura 1 ilustra dos secciones de un fuselaje de aeronave colocado para unirse.

25 Las Figuras 2A, 2B y 2C ilustran un sistema para sujetar una estructura utilizando una pista de aspirado de contorno compuesta y una máquina de sujeción automática dentro del fuselaje de una aeronave.

Las Figuras 3A y 3B ilustran además una pista de aspirado de contorno compuesta que está diseñada para seguir el contorno complejo del interior del fuselaje.

Las Figuras 4A-4G ilustran adicionalmente la máquina de sujeción automática, de acuerdo con una realización.

30 La Figura 5A proporciona una visión general del sistema de un sistema de control, de acuerdo con una realización, y la Figura 5B ilustra además un gabinete de control, de acuerdo con una realización.

Las Figuras 6A-6K ilustran una secuencia de etapas realizadas por la máquina de sujeción automática de acuerdo con las indicaciones del sistema de control, de acuerdo con una realización:

La Figura 7 es un diagrama de flujo que ilustra adicionalmente la secuencia de etapas realizadas en las Figuras 6A-6K.

35 La Figura 8A ilustra una máquina de sujeción automática estilo puente; y la Figura 8B ilustra una máquina de sujeción automática en voladizo.

La Figura 9A es un diagrama de flujo de la producción de aeronaves y la metodología de servicio, de acuerdo con una realización.

La Figura 9B es un diagrama de bloques de una aeronave, de acuerdo con una realización.

40 Descripción detallada

En la siguiente descripción de la realización preferida, se hace referencia a los dibujos adjuntos los cuales forman parte de la misma, y en los cuales se muestra a modo de ilustración una realización específica en la cual se puede practicar la invención. Debe entenderse que se pueden utilizar otras realizaciones y se pueden hacer cambios estructurales sin apartarse del alcance de la presente invención.

45 La Figura 1 ilustra dos secciones de un fuselaje de aeronave 10 colocados para ser unidos. En una realización, las dos secciones se unen en o adyacentes a un mamparo 11 de presión posterior (APB), aunque otras secciones podrían unirse también en otros lugares. El mamparo 11 de presión posterior es un mamparo hermético ubicado entre la cabina y la cola de la aeronave cuyo propósito es sellar la parte posterior del avión y así mantener la presión de la cabina para la aeronave. En el ensamblaje de aeronaves, el acceso limitado a estructuras adyacentes al mamparo 11 de presión posterior dentro del fuselaje 10 ha planteado un problema para la automatización.

50

- Actualmente, solo se ha automatizado la perforación de agujeros y la inserción de sujetadores, tales como pernos de seguridad, a partir de una superficie 10A exterior del fuselaje 10. Como se señaló anteriormente, una máquina de perforación automática de ejes múltiples posicionada en la superficie 10A exterior del fuselaje 10 se usa actualmente para la perforación de agujeros y la inserción de sujetadores. La máquina perforadora de ejes múltiples comprende un
- 5 carruaje con un efector final que se desplaza en pistas dobles, en donde el efector final perfora agujeros en el fuselaje 10 e inserta sujetadores en los agujeros. Sin embargo, la sujeción manual de collares en los sujetadores se realiza actualmente en una superficie 10B interior del fuselaje 10, pero la sujeción manual plantea una serie de problemas. Esta divulgación supera estos problemas al describir un sistema de sujeción automática para el ensamblaje final a partir del interior del fuselaje 10.
- 10 Las Figuras 2A, 2B y 2C ilustran una realización de un sistema para sujetar una estructura compuesta por una pista 12 de aspirado de contorno compuesta colocada en una superficie 10B interior del fuselaje 10.
- Como se muestra en la Figura 2A, la pista 12 está compuesta por una o más secciones 13 que, cuando se ensamblan, clasifican, alinean y montan en el fuselaje 10, están conformadas para ajustarse a la superficie 10B interior del fuselaje 10, también denominada en este documento como primera superficie 10B, aunque también se pueden usar otras
- 15 superficies. Las secciones 13 de la pista 12 están alineadas y montadas a lo largo de las direcciones del eje X y del eje Z del fuselaje 10, en donde la dirección del eje X comprende una posición lateral dentro del fuselaje 10 y la dirección del eje Z comprende una posición vertical dentro del fuselaje 10. Las flechas en las secciones 13 indican una secuencia de despliegue de las secciones 13, la cual implica colocar y montar una sección 13 central primero, y luego colocar y montar secciones 13 adyacentes en los extremos opuestos de la pista 12.
- 20 Como se muestra en las Figuras 2A y 2B, la pista 12 tiene una longitud (L), un ancho (W) y un espesor (T), y la pista 12 está montada de modo que su ancho W esté en ángulo (θ) con la primera superficie 10B. Específicamente, el ancho W de la pista 12 no está al ras en la primera superficie 10B. En cambio, el ancho W de la pista 12 está en voladizo hacia arriba en un ángulo θ relativo a la primera superficie 10B. Preferiblemente, la pista 12 está en voladizo hacia
- 25 arriba en un ángulo θ mayor que aproximadamente 0 grados a la primera superficie 10B, más preferiblemente en un ángulo θ de aproximadamente 90 grados, es decir, sustancialmente perpendicular a la primera superficie 10B, y lo más preferiblemente en ángulo θ que varía de aproximadamente 80 grados a aproximadamente 100 grados, es decir, dentro de aproximadamente + 10 grados de sustancialmente perpendicular, a la primera superficie 10B.
- Para posicionar la pista 12 de esta manera, la pista 12 está montada en el mamparo 11 de presión posterior, también referido acá como una segunda superficie 11, aunque también se pueden usar otras superficies. En esta realización,
- 30 la pista 12 está en voladizo a partir de la segunda superficie 11 de manera que la pista 12 está en voladizo hacia arriba en un ángulo θ a la primera superficie 10B. Sin embargo, en otras realizaciones, la pista 12 está montada directamente en la primera superficie 10B, es decir, la superficie 10B interior del propio fuselaje 10.
- Como se muestra en la Figura 2C, una máquina 14 de sujeción automática está montada en la pista 12 y se desplaza a lo largo de la pista 12 para realizar las funciones y etapas de sujeción, en donde la pista 12 permite que la máquina
- 35 14 de sujeción automática haga contacto con la primera superficie 10B. En cualquier instante, la máquina 14 de sujeción automática se coloca a lo largo de la pista 12 en al menos las direcciones del eje X y el eje Z.
- La Figura 3A ilustra además la pista 12, la cual es una pista 12 de contorno compuesta, aunque también puede ajustarse a otras formas. La pista 12 es modular y está segmentada en una pluralidad de secciones 13, en donde cada
- 40 sección 13 es de aluminio, de aproximadamente 2 pies de longitud y aproximadamente 28 libras en peso. Los empalmes 15 se usan para conectar entre las secciones 13. La pista 12 está montada en el interior del fuselaje 10 en el mamparo 11 de presión posterior usando uno o más dispositivos 16 de sujeción desmontables, los cuales en una realización comprenden ventosas 16 de succión de vacío.
- La Figura 3B es otra vista de una sección 13 de la pista 12 con la máquina 14 de sujeción automática conectada, de acuerdo con una realización. Las ruedas 17 de la máquina 14 de sujeción automática son ruedas 17 de doble vee que
- 45 intercalan la pista 12, en donde la pista 12 incluye guías 18 de borde para acoplar las ruedas 17. La pista 12 también incluye una rejilla 19 de accionamiento para acoplar y mover la máquina 14 de sujeción automática a lo largo de la pista 12, en donde la rejilla 19 de accionamiento es una rejilla de rodillos que está integrada en la pista 12.
- Las Figuras 4A-4G ilustran adicionalmente la máquina 14 de sujeción automática, de acuerdo con una realización.
- La Figura 4A muestra los componentes principales de la máquina 14 de sujeción automática, la cual incluye un carruaje
- 50 20 del eje X, el brazo 21 del eje Y y el efector 22 final, en donde el brazo 21 del eje Y está montado en el carruaje 20 del eje X y el efector 22 final está montado en el brazo 21 del eje Y. El carruaje 20 del eje X está unido a la pista 12 para colocar el brazo 21 del eje Y y el efector 22 final, el brazo 21 del eje Y está unido al carruaje 20 del eje X para colocar el efector 22 final, y el efector 22 final instala los sujetadores en los agujeros de la superficie 10B interior, por ejemplo, instala collares o tuercas en los sujetadores insertados en los agujeros a partir de la superficie 10A exterior,
- 55 como se describe con más detalle a continuación en conjunto con las Figuras 6A-6K y 7.
- La Figura 4B ilustra además el carruaje 20 del eje X, de acuerdo con una realización, en donde el carruaje 20 del eje X está unido a la pista 12 para posicionar el brazo 21 del eje Y y el efector 22 final. El carruaje 20 del eje X incluye una placa 23 base, motor 24 de accionamiento, caja 25 de engranajes, ruedas 17 de doble vee y liberación 26 de la

- 5 pista. El brazo 21 del eje Y se monta en la placa 23 base. El motor 24 de accionamiento y la caja 25 de engranajes operan un piñón de accionamiento que se acopla con la rejilla 19 de accionamiento en la pista 12 que se muestra en la Figura 3B. Las ruedas 17 de doble vee son rodillos guiados por la pista 12 y se montan en la pista 12 en las guías 18 de borde que se muestran en la Figura 3B. La liberación 26 de la pista permite el desprendimiento rápido de las ruedas 17 de doble vee de la pista 12.
- 10 La Figura 4C ilustra además el brazo 21 del eje Y, de acuerdo con una realización. El brazo 21 del eje Y está unido al carruaje 20 del eje X para colocar el efector 22 final. El brazo 21 del eje Y incluye dos rieles 27, un tornillo 28 de bola, una conexión 29 umbilical de control y un accionador 30 del eje A. El efector 22 final está montado en los rieles 27, y el tornillo 28 de bola mueve el efector 22 final a lo largo de los rieles 27. La conexión 29 umbilical de control se conecta a un gabinete de control, como se describe a continuación en las Figuras 5A-5B. El accionador 30 del eje A cambia el ángulo del brazo 21 del eje Y.
- 15 La Figura 4D ilustra además el accionador 30 del eje A, de acuerdo con una realización. El accionador 30 del eje A está ubicado dentro del brazo 21 del eje Y e incluye un accionador 31 lineal y un pivote 32 del eje A (el cual es la única porción del accionador 30 del eje A visible en el exterior del brazo 21 del eje Y en la Figura 4C). El pivote 32 del eje A es un cojinete de pivote para colocar el brazo 21 del eje Y y el efector 22 final en ángulo en respuesta al funcionamiento del accionador 31 lineal.
- 20 La Figura 4E ilustra adicionalmente el efector 22 final, de acuerdo con una realización. El efector 22 final está montado en los rieles 27 del brazo 21 del eje Y y estampa un collar sobre un sujetador, como se describe con más detalle a continuación junto con las Figuras 6A-6K. El efector 22 final incluye una herramienta 33 de instalación de sujetador neumático, hidráulico o electromecánico, accionador 34 rotativo, collar de estampación 35, pie 36 de sujeción, cilindro 37 de sujeción, alimentador 38 de collar, tubo 39 de alimentación del collar, tubo 40 de retorno de cola larga, cámara 41 de resincronización y láser 42 de normalidad. El funcionamiento de estos elementos se describe con más detalle a continuación junto con las Figuras 6A-6K.
- 25 Las Figuras 4F, 4G y 4H ilustran adicionalmente la alineación de la máquina 14 de sujeción automática y su carruaje 20 del eje X, el brazo 21 del eje Y y el efector 22 final. Específicamente, la Figura 4F es una vista lateral de la máquina 14 de sujeción automática que muestra el eje X (como un punto), el eje Z, un eje Y (perpendicular al eje X y al eje Z) y un eje A como un ángulo en un plano formado por el eje Y y el eje Z; la Figura 4G es una vista posterior de la máquina 14 de sujeción automática que muestra el eje Y (como punto), el eje Z y el eje X; y la Figura 4H es una vista superior de la máquina 14 de sujeción automática que muestra el eje Z (como un punto), el eje X y el eje Y.
- 30 Como se indicó anteriormente en las Figuras 2A, 2B y 2C, la pista 12 está alineada en las direcciones del eje X y del eje Z y, en cualquier instante, la máquina 14 de sujeción automática se coloca a lo largo de la pista 12 en al menos las direcciones del eje X y del eje Z, en donde el eje X comprende una posición lateral dentro del fuselaje 10 y a lo largo de la pista 12, a la vez que el eje Z comprende una posición vertical dentro del fuselaje 10 y a lo largo de la pista 12. El carruaje 20 del eje X mueve la máquina 14 de sujeción automática en las direcciones del eje X y Z de la pista 12, y el tornillo 28 de bola del brazo 21 del eje Y mueve el efector 22 final a lo largo de los rieles 27 del brazo 21 del eje Y en la dirección del eje Y perpendicular a ambas direcciones del eje X y del eje Z. El accionador 30 del eje A del brazo 21 del eje Y mueve el efector 22 final (y el brazo 21 del eje Y en sí) alrededor de un ángulo en el plano formado por las direcciones del eje Y y del eje Z, las cuales comprenden el eje A.
- 35 La Figura 5A proporciona una vista general del sistema de un sistema 43 de control usado con la máquina 14 de sujeción automática, de acuerdo con una realización. El sistema 43 de control incluye un gabinete 44 de control el cual acepta aire 45, 480V de potencia 46 y suministro 47 de aspirado, y está conectado a la máquina 14 de sujeción automática a través de un control 48 umbilical, líneas 49 hidráulicas, tubo 50 de alimentación del collar y tubo 51 de retorno de cola larga. El gabinete 44 de control puede incluir una interfaz de operador en el mismo, y puede aceptar controles a partir de un ordenador 52 portátil y/o el dispositivo 53 móvil de mano (HMOP).
- 40 El ordenador 52 portátil incluye una pantalla táctil que permite que el gabinete 44 de control funcione como si el operador estuviera en la interfaz principal del gabinete 44 de control. El ordenador 52 portátil se puede llevar fácilmente al fuselaje 10 para permitir que el operador tenga control total del gabinete 44 de control a partir de cualquier lugar.
- 45 Como alternativa, se puede usar el HMOP 53. El HMOP 53 permite una operación simple de la máquina y muestra mensajes abreviados del operador.
- 50 Una realización proporciona control de máquina independiente. Específicamente, el gabinete 44 de control proporciona comandos para la máquina interior, es decir, la máquina 14 de sujeción automática, y la máquina exterior, es decir, la máquina de perforación de ejes múltiples situada en el exterior del fuselaje 10, se controla de forma independiente. Los beneficios de este enfoque son que el software es más fácil de desarrollar y depurar; y hay una única interfaz de operador. Las desventajas de este enfoque son que: cada máquina externa debe estar emparejada con una máquina interna; cada máquina externa solo funcionará con una máquina interna específica y las máquinas no son intercambiables; si una máquina externa está inactiva, entonces la máquina interna emparejada también está inactiva; y la interrupción de la comunicación entre la máquina externa e interna causará una falla completa del sistema.
- 55

Otra realización proporciona control dependiente de la máquina. Específicamente, el gabinete 44 de control proporciona comandos para una máquina interna, es decir, la máquina 14 de sujeción automática, y se comunica con otro gabinete 54 de control a través de un enlace 55 de comunicaciones, en donde el gabinete 54 de control proporciona comando para una máquina externa, es decir, la máquina de perforación de ejes múltiples colocada en el exterior del fuselaje 10, de modo que la máquina 14 de sujeción automática se coordina con la máquina exterior en un lado opuesto de la primera superficie que perfora los agujeros e inserta los sujetadores en los agujeros. Los beneficios de este enfoque son que las máquinas son intercambiables, es decir, cualquier máquina externa funcionará con cualquier máquina interna; la falla de comunicaciones entre máquinas no causará falla completa del sistema; las máquinas internas se pueden conectar "sobre la marcha" a máquinas externas; la máquina externa maneja toda la programación y tiene control completo sobre la máquina interna; y solo se necesita una comunicación umbilical para conectar la máquina interna a la máquina externa. Las desventajas de este enfoque son que: la programación es más complicada; el mantenimiento es más complicado; y cada máquina tiene su propio gabinete 44, 54 de control.

La Figura 5B ilustra además el gabinete 44 de control, de acuerdo con una realización. El gabinete 44 de control incluye un alimentador 56 del collar para alimentar los collares, un botón 57 de parada de emergencia (E-Parada), una conexión 58 umbilical de control a la máquina 14 de sujeción automática, un desconector 59 de potencia, una unidad 60 de potencia hidráulica para proporcionar potencia hidráulica a la máquina 14 de sujeción automática, anillos 61 de elevación para levantar el gabinete 44 de control, y un soporte 62 colgante para almacenar el HMOP 53.

Las Figuras 6A-6K ilustran una secuencia de etapas de sujeción realizadas por la máquina 14 de sujeción automática de acuerdo con lo indicado por el sistema 43 de control para estampar collares en sujetadores, de acuerdo con una realización.

La Figura 6A ilustra además los componentes del efector 22 final, así como una primera etapa realizada por el efector 22 final, en donde el efector 22 final se coloca sobre una superficie 63 que tiene un agujero 64 a través del cual se inserta un sujetador (no se muestra). (Se muestra un sujetador y se describe a continuación junto con las Figuras 6I, 6J y 6K). En una realización, la superficie 63 es la primera superficie 10B, es decir, la superficie 10B interior del fuselaje 10.

En esta primera etapa, la máquina 14 de sujeción automática usa la cámara 41 de resincronización para alinear el efector 22 final con respecto a una o más características de referencia (por ejemplo, el agujero 64) en la superficie 63, por ejemplo, las paredes del agujero 64 cilíndrico interior o el reborde del agujero 64. La máquina 14 de sujeción automática conduce a una ubicación objetivo nominal en la pista 12, captura una imagen digital de alta resolución de las características en la superficie 63 usando la cámara 41 de resincronización, y determina un desplazamiento entre una ubicación característica real y la ubicación objetivo nominal. La máquina exterior realiza un proceso similar, permitiendo que ambas máquinas tengan una referencia común al fuselaje 10 y, por lo tanto, entre sí.

Una vez posicionada, la máquina 14 de sujeción automática usa el láser 42 de normalidad para colocar el efector 22 final normal a la superficie 63, aunque también se pueden usar otros sensores para esta función. Específicamente, la máquina 14 de sujeción automática usa las señales del láser 42 de normalidad para rotar el brazo 21 del eje Y y el efector 22 final para lograr una orientación sustancialmente perpendicular del efector 22 final a la superficie 63. Una vez alineado, el efector 22 final realiza las siguientes etapas.

La Figura 6B ilustra una siguiente etapa realizada por el efector 22 final, en donde el deslizador 65 del pasador de carga coloca el pasador 66 de carga debajo del tubo 39 de alimentación de collar y el cilindro 37 de sujeción extiende el pie 36 de sujeción para acoplar la superficie 63 adyacente al agujero 64. El pie 36 de sujeción es un pie de presión y el cilindro 37 de sujeción es un cilindro neumático, hidráulico o electromecánico capaz de proporcionar aproximadamente 200 libras-pie (lbf) de fuerza para el pie 36 de sujeción en la superficie 63 como una fuerza de reacción antes y durante la perforación del agujero 64.

Específicamente, el pie 36 de sujeción proporciona una fuerza de sujeción para un proceso de ensamblaje único (OUA) utilizado en las etapas de sujeción. OUA es donde el ensamblaje se realiza una vez, es decir, perforado, inspeccionado y finalmente sujeto, sin quitar componentes para desbarbar, limpiar, sellar, etc. En el proceso de OUA, la máquina exterior utiliza una pila de componentes para realizar la perforación del agujero 64 en la superficie y la inserción del sujetador en el agujero 64.

Acá, la pista 12 montada en el mamparo 11 de presión posterior proporciona una base para la fuerza de sujeción generada por el pie 36 de sujeción, manteniendo la integralidad de la unión y la separación de las interfaces para la pila OUA, antes de que la máquina exterior comience a perforar. La máquina exterior está posicionada de tal manera que su punta de perforación empuja en un lado opuesto de la superficie 63 (es decir, la superficie 10A exterior del fuselaje 10), a la vez que se normaliza a un contorno del lado opuesto de la superficie 63. Del mismo modo, la máquina 14 de sujeción automática está posicionada de tal manera que la fuerza de sujeción generada por el pie 36 de sujeción está alineada con la punta de perforación de la máquina exterior.

La Figura 6C ilustra una siguiente etapa realizada por el efector 22 final, en donde se sopla un collar 67 sobre el pasador 66 de carga a partir del tubo 39 de alimentación del collar con aire comprimido.

ES 2 765 235 T3

- La Figura 6D ilustra una siguiente etapa realizada por el efector 22 final, en donde el collar 67 se mantiene en el pasador 66 de carga con un chorro 68 de aire lateral y se retrae el tubo 39 de alimentación del collar.
- 5 La Figura 6E ilustra una siguiente etapa realizada por el efector 22 final, en donde el deslizador 65 del pasador de carga se extiende y se coloca debajo del collar 35 de estampación, de tal modo que el collar 67, a la vez que todavía se mantiene en el pasador 66 de carga, se coloca entre los dedos 69 de alimentación del collar 35 de estampación.
- La Figura 6F ilustra la siguiente etapa realizada por el efector 22 final, en donde el collar 35 de estampación primero se mueve hacia adelante para empujar el collar 67 contra los dedos 69 de alimentación y el collar 35 de estampación retrocede a su posición más hacia atrás para liberar el pasador 66 de carga. En esta etapa, el collar 67 está libre del pasador 66 de carga.
- 10 La Figura 6G ilustra una siguiente etapa realizada por el efector 22 final, en donde el deslizador 65 del pasador de carga se retrae lejos del collar 35 de estampación, y el collar 67 está firmemente asentado en los dedos 69 de alimentación del collar 35 de estampación. Directamente encima o detrás del collar 67 está un troquel 70 de estampación en el collar 35 de estampación.
- 15 La Figura 6H ilustra una siguiente etapa realizada por el efector 22 final, en donde el collar 35 de estampación avanza hacia la superficie 63.
- La Figura 6I ilustra una siguiente etapa realizada por el efector 22 final, en donde se inserta un sujetador 71 a través del agujero 64 en la superficie 63, por ejemplo, a partir de un lado opuesto a partir de la superficie 63, y el collar 35 de estampación avanza hacia el sujetador 71.
- 20 La Figura 6J ilustra una siguiente etapa realizada por el efector 22 final, en donde el collar 67 está asentado en el extremo del sujetador 71 por el collar 35 de estampación. Una vez que el collar 67 está en el extremo del sujetador 71, los dedos 69 de alimentación del collar 35 de estampación se abren por una característica en el lado del pie 36 de sujeción. El collar 35 de estampación empuja el collar 67 más hacia el sujetador 71, y el collar 67 es estampado por la herramienta 33 de instalación de sujetador, la cual proporciona una fuerza al troquel 70 de estampación. En una realización, el collar 67 es un anillo de metal de ajuste holgado que se deforma por el troquel 70 alrededor del sujetador 71, el cual incluye ranuras de bloqueo. El troquel 70 es forzado hacia abajo sobre el collar 67 por la herramienta 33 de instalación de sujetador, la cual reduce el diámetro del collar 67 y estampa progresivamente el material del collar 67 en el troquel 70. A medida que aumenta la fuerza aplicada al troquel 70, se completa la instalación cuando se rompe la cola larga 72 del sujetador 71.
- 25 La Figura 6K ilustra una siguiente etapa realizada por el efector 22 final, en donde el collar 67 ha sido estampado sobre el sujetador 71. El collar 35 de estampación se retrae para quitar el troquel 70 de estampación del collar 67 estampado, y la cola larga (no se muestra) se aspira a través del tubo 40 de retorno de cola larga a un punto de recolección, por ejemplo, en el gabinete 44 de control. Finalmente, la cámara 41 de resincronización puede usarse para inspeccionar el collar 67 estampado en el sujetador 71.
- 30 La Figura 7 es un diagrama de flujo que ilustra adicionalmente la secuencia de etapas de sujeción realizadas por el efector 22 final en las Figuras 6A-6K.
- 35 El bloque 73 representa la etapa de posicionar el efector 22 final con respecto a la superficie 63 (es decir, la superficie 10B interior de la estructura del fuselaje 10) que tiene el agujero 64 a través del cual se inserta el sujetador 71. Específicamente, el bloque 73 representa la etapa de alinear el efector 22 final con respecto a una o más características en la superficie 63 interior usando la cámara 41 de resincronización del efector 22 final, lo cual resulta en la alineación de la máquina 14 de sujeción automática con otra máquina (es decir, la máquina de perforación automática de ejes múltiples posicionada en la superficie 10A exterior de la estructura del fuselaje 10). El bloque 73 también representa la etapa de posicionar el efector 22 final en relación con la superficie 63 interior usando el sensor láser 42 de normalidad del efector 22 final, en donde el posicionamiento comprende girar el brazo 21 del eje Y y el efector 22 final para lograr una orientación perpendicular sustancialmente relativa a la superficie 63 interior usando señales del sensor láser 42 de normalidad.
- 40 El bloque 74 representa la etapa de usar el cilindro 37 de sujeción para extender el pie 36 de sujeción para acoplar la superficie 63 adyacente al agujero 64 donde se instalará el sujetador 71. Específicamente, el bloque 74 representa la etapa de sujetar la superficie 63 interior usando una fuerza aplicada por el pie 36 de sujeción del efector 22 final, en donde la fuerza se aplica para un proceso de ensamblaje de una sola vez (OUA) utilizado en las etapas de sujeción.
- 45 Los bloques 75-84 restantes representan la etapa de instalar el sujetador 71 insertado a través del agujero 64 usando los diversos componentes del efector 22 final.
- 50 El bloque 75 representa la etapa de usar el deslizador 65 del pasador de carga para colocar el pasador 66 de carga debajo del tubo 39 de alimentación del collar.
- El bloque 76 representa la etapa de soplar un collar 67 sobre el pasador 66 de carga a partir del tubo 39 de alimentación del collar con aire comprimido.
- 55

ES 2 765 235 T3

El bloque 77 representa la etapa de usar un chorro 68 lateral para mantener el collar 67 en el pasador 66 de carga.

El bloque 78 representa la etapa de retraer el tubo 39 de alimentación del collar.

5 El bloque 79 representa la etapa de extender el deslizador 65 del pasador de carga para colocarlo debajo del collar 35 de estampación, de modo que el collar 67, a la vez que todavía se mantiene en el pasador 66 de carga, se coloca entre los dedos 69 de alimentación del collar 35 de estampación;

El bloque 80 representa la etapa de mover el collar 35 de estampación hacia adelante para empujar el collar 67 contra los dedos 69 de alimentación y luego mover el collar 35 de estampación para liberar el pasador 66 de carga, de modo que el collar 67 esté libre del pasador 66 de carga.

10 El bloque 81 representa la etapa de retraer el deslizador del pasador de carga alejándolo del collar 35 de estampación, en donde el collar 67 está firmemente asentado en los dedos 69 de alimentación del collar 35 de estampación.

El bloque 82 representa la etapa de avanzar el collar 35 de estampación hacia la superficie 63 y el sujetador 71 insertado a través del agujero 64 en la superficie 63.

15 El bloque 83 representa la etapa de usar el collar 35 de estampación para asentar el collar 67 en el extremo del sujetador 71, en donde los dedos 69 de alimentación del collar 35 de estampación se abren, el collar 67 se empuja sobre el sujetador 71, y el collar 67 se estampa por la herramienta 33 de instalación de sujetador, de tal modo que el troquel 70 de estampado se empuja hacia abajo sobre el collar 67 por la herramienta 33 de instalación de sujetador, la cual reduce el diámetro del collar 67 y estampa progresivamente el material del collar 67 en el troquel 70, y la instalación se completa cuando se rompe una cola larga 72 del sujetador 71.

20 El bloque 84 representa la etapa de retraer el collar 35 de estampación para quitar el troquel 70 de estampado del collar 67 estampado, aspirando la cola larga fuera a través del tubo de retorno de la cola larga a un punto de recogida, y opcionalmente inspeccionar el collar 67 estampado en el sujetador 71.

Beneficios

25 La pista 12 en voladizo descrita en este documento incluye una serie de beneficios y ventajas. Una ventaja es que la máquina 14 de sujeción automática solo se monta en un riel, es decir, la pista 12, lo cual facilita la instalación. Otra ventaja es que la máquina 14 de sujeción automática puede retirarse fácilmente de la pista 12.

Por otro lado, hay algunas desventajas. Una desventaja es que la rugosidad de la superficie interior del fuselaje 10 dificulta el montaje de la pista 12 en la superficie interior del fuselaje 10. Otra desventaja es que las estructuras interiores pueden interferir con el movimiento de la máquina 14 de sujeción automática a lo largo de la pista 12.

Alternativas

30 Están disponibles diversas alternativas y modificaciones.

35 Por ejemplo, aunque en este documento se describe una máquina de sujeción automática, existen otras oportunidades para la automatización dentro del fuselaje 10. Una máquina de sujeción automática dentro del fuselaje 10 puede también incluir funciones para perforar agujeros y llenar agujeros (es decir, insertar pernos), desbarbado, aspirado para control de FOD (Daños por Objetos Extraños o Escombros), sellado, todo tipo de sujeción (torsión, estampado, remachado) e inspección. Una máquina de sujeción automática dentro del fuselaje 10 puede incluir diferentes efectores finales con múltiples características que las divulgadas en este documento.

40 En otro ejemplo, la automatización dentro del fuselaje 10 también puede sincronizar sus funciones con la automatización fuera del fuselaje 10, con o sin asistencia de la cámara, para mejorar la velocidad. Esto es especialmente cierto si se usa con una pista que está clasificada y montada en el exterior del fuselaje 10. Como se señaló anteriormente, la automatización interna puede trabajar con la automatización externa para cualquiera de estas funciones adicionales, si se desea.

En aún otro ejemplo, una pista dentro del fuselaje 10 puede ser flexible o estar montada duramente a estructuras o superficies dentro del fuselaje 10 con o sin ventosas. Por lo tanto, la automatización interior puede aplicarse a cualquier sección del fuselaje 10, y no se limita al mamparo 11 de presión posterior.

45 En aún otro ejemplo, una pista dentro del fuselaje 10 puede no ser un diseño en voladizo montado en el mamparo 11 de presión posterior.

50 En un ejemplo, la Figura 8A ilustra una máquina 85 de sujeción automática estilo puente en donde las pistas 86 dobles están montadas en una estructura o superficie 10B dentro del fuselaje 10 en un lado delantero y el mamparo 11 de presión posterior del fuselaje 10 en un lado posterior. Una ventaja es que la máquina 85 estilo puente podría no tener un eje A activo y, en cambio, podría normalizarse pasivamente entre las pistas 86. Otra ventaja es que, si se necesita una abrazadera de 200 lb para todos los agujeros, este diseño distribuye la carga correctamente entre ambas pistas 86. Una desventaja de la máquina 85 estilo puente es que se requieren dos conjuntos de pistas 86. Es posible que las

pistas 86 deban alinearse entre sí para crear la normalidad adecuada, en donde será necesario controlar el espacio de la pista 86, la altura relativa y la distancia de separación.

5 En otro ejemplo, la Figura 8B ilustra una máquina 87 de sujeción automática en voladizo montada en una estructura o superficie 10B dentro del fuselaje 10 en un lado delantero de un empalme, en donde la máquina 87 de sujeción automática en voladizo tiene un soporte de reacción adelante de ese soporte. Una ventaja es que la máquina en voladizo 87 no requiere montaje en el mamparo 11 de presión posterior con ventosas. Una desventaja es que la máquina 87 en voladizo probablemente necesitará un eje B activo y tendrá que configurar múltiples pistas/guías. Además, el piso/marco de carga puede tener que reaccionar a cargas grandes.

Ensamblaje de la aeronave

10 Las realizaciones de la divulgación pueden describirse en el contexto de un método de fabricación y servicio de aeronaves como se muestra en la Figura 9A y una aeronave como se muestra en la Figura 9B.

15 Como se muestra en la Figura 9A, durante la preproducción, el método 88 de ejemplo puede incluir la especificación y el diseño 89 de la aeronave y la adquisición 90 de material. Durante la producción, tiene lugar la fabricación 91 de componentes y subconjuntos y la integración 92 de sistemas de la aeronave, los cuales incluyen la automatización a nivel de fábrica descrita en este documento, utilizando la pista 12 de aspirado de contorno compuesto y la máquina 14 de sujeción automática para la automatización del ensamblaje final a partir del interior del fuselaje 10. Posteriormente, la aeronave puede pasar por la certificación y entrega 93 con el fin de ser puesta en servicio 94. A la vez que está en servicio por un cliente, la aeronave está programada para el mantenimiento y servicio 95 de rutina (los cuales incluyen modificación, reconfiguración, renovación, etc.), que también incluye la automatización a nivel de fábrica descrita en este documento, utilizando la pista 12 de aspirado de contorno compuesto y la máquina 14 de sujeción automática para la automatización del ensamblaje final a partir del interior del fuselaje 10.

20 Cada uno de los procesos del método 88 puede ser realizado o llevado a cabo por un integrador de sistemas, un tercero y/o un operador (por ejemplo, un cliente). A los fines de esta descripción, un integrador de sistemas puede incluir, sin limitación, cualquier número de fabricantes de aeronaves y subcontratistas de sistemas principales; un tercero puede incluir, sin limitación, cualquier número de vendedores, subcontratistas y proveedores; y un operador puede ser una aerolínea, una empresa de arrendamiento financiero, una entidad militar, una organización de servicios, etc.

30 Como se muestra en la Figura 9B, la aeronave 96 producida por el método de ejemplo de la Figura 9A puede incluir un fuselaje 97 con una pluralidad de sistemas 98 y un interior 99. Los ejemplos de sistemas 98 de alto nivel incluyen uno o más de un sistema 100 de propulsión, un sistema 101 eléctrico, un sistema 102 hidráulico y un sistema 103 ambiental. Se puede incluir cualquier número de otros sistemas. Aunque se muestra un ejemplo aeroespacial, los principios de la invención pueden aplicarse a otras industrias, tal como la industria automotriz.

35 El aparato y los métodos incorporados en este documento pueden emplearse durante una cualquiera o más de las etapas del método 88 de producción y servicio. Por ejemplo, los componentes o subconjuntos correspondientes al proceso 91 de producción pueden fabricarse o manufacturarse de manera similar a los componentes o subconjuntos producidos a la vez que la aeronave 96 está en servicio. Además, se pueden utilizar una o más realizaciones de aparatos, realizaciones de métodos o una combinación de las mismas durante las etapas 91 y 92 de producción, por ejemplo, agilizando sustancialmente el ensamblaje o reduciendo el coste de una aeronave 96. De manera similar, uno o más de las realizaciones de aparatos, realizaciones de métodos o una combinación de las mismas pueden utilizarse a la vez que la aeronave 96 está en servicio, por ejemplo y sin limitación, para el mantenimiento y servicio 95.

REIVINDICACIONES

1. Un dispositivo para sujetar una estructura, que comprende:
 - 5 una máquina (14) de sujeción automática, para realizar funciones de sujeción, que incluye un carruaje (20), un brazo (21) y un efector (22) final, en donde el brazo (21) está montado en el carruaje (20) y el efector (22) final está montado en el brazo (21);
 - en donde la máquina (14) de sujeción automática está configurada para montarse en una pista (12) a la vez que realiza las funciones de sujeción, la pista (12) está montada en el interior de una estructura (10) con el fin de acceder a una primera superficie (10B) de la estructura (10), y la primera superficie (10B) que tiene uno o más agujeros (64) a través de los cuales pueden insertarse sujetadores (71);
 - 10 en donde el efector (22) final comprende:
 - un tubo (39) de alimentación del collar;
 - un deslizador (65) de pasador de carga configurado para posicionar un pasador (66) de carga debajo del tubo (39) de alimentación del collar para recibir un collar (67) a partir del tubo (39) de alimentación del collar;
 - un chorro (68) lateral configurado para sostener el collar (67) en el pasador (66) de carga;
 - 15 un collar (35) de estampación que tiene dedos (69) de alimentación; y
 - una herramienta (33) de instalación de sujetador configurada para estampar el collar (67) en el sujetador (71);
 - en donde el collar (35) de estampación está configurado para:
 - moverse hacia adelante para empujar el collar (67) contra los dedos (69) de alimentación y moverse para despejar el pasador (66) de carga, de tal modo que el collar (67) esté libre del pasador (66) de carga;
 - 20 avanzar hacia la superficie (63) y el sujetador (71) insertado a través del uno o más agujeros (64) en la superficie (63); y
 - asentar el collar (67) en el extremo del sujetador (71), abrir los dedos (69) de alimentación y empujar el collar (67) sobre el sujetador (71); y
 - en donde el carruaje (20) es operable para atravesar la pista (12) para posicionar el brazo (21) y el efector (22) final, el brazo (21) está unido al carruaje (20) para posicionar el efector (22) final, y el efector (22) final está unido al brazo (21) para instalar los sujetadores (71) en los agujeros (64) de la primera superficie (10B).
 - 2. El dispositivo de la reivindicación 1, en donde, en funcionamiento del dispositivo, la primera superficie (10B) es una superficie (10B) interior de un fuselaje (10) de aeronave.
 - 3. El dispositivo de la reivindicación 1 o la reivindicación 2, en donde el carruaje (20) incluye un accionamiento (24, 25) de piñón configurado para acoplarse con una rejilla (19) de accionamiento en la pista (12) para mover la máquina (14) de sujeción automática a lo largo de la pista (12).
 - 4. El dispositivo de cualquier reivindicación precedente, en donde la máquina (14) de sujeción automática está configurada para alinearse con otra máquina en un exterior de la estructura (10).
 - 5. El dispositivo de cualquier reivindicación precedente, en donde el efector (22) final tiene un sensor (42) de normalidad para colocar el efector (22) final con respecto a la primera superficie (10B).
 - 6. El dispositivo de cualquier reivindicación precedente, en donde el efector (22) final tiene un pie (36) de sujeción para acoplar la primera superficie (10B) que tiene los agujeros (64) a través de los cuales se insertan los sujetadores (71), en donde el pie (36) de sujeción es operable para proporcionar una fuerza de sujeción para un proceso de ensamblaje único (OUA) utilizado en las funciones de sujeción.
 - 7. El dispositivo de cualquier reivindicación precedente, en donde la máquina (14) de sujeción automática está configurada para coordinarse con otra máquina en un lado opuesto de la primera superficie (10B) que perfora los agujeros (64) e inserta los sujetadores (71) en los agujeros (64).
 - 8. Un método para sujetar estructuras, que comprende:
 - 45 realizar etapas de sujeción utilizando una máquina (14) de sujeción automática que incluye un carruaje (20), un brazo (21) y un efector (22) final, en donde el brazo (21) está montado en el carruaje (20) y el efector (22) final está montado en el brazo (21), en donde el carruaje (20) es operable para atravesar una pista (12) montada en el interior de una estructura (10) en posición para el brazo (21) y el efector (22) final para realizar las etapas de sujeción de:

- posicionar el efector (22) final con respecto a una superficie (10B) interior de la estructura (10) que tiene un agujero (64) a través del cual se inserta un sujetador (71);
- sujetar la superficie (10B) interior usando una fuerza aplicada por el efector (22) final; e
- instalar el sujetador (71) insertado a través del agujero (64) usando el efector (22) final;
- 5 en donde la etapa de instalación comprende:
- utilizar un deslizador (65) de pasador de carga para colocar un pasador (66) de carga debajo de un tubo (39) de alimentación del collar;
- soplar un collar (67) sobre el pasador (66) de carga a partir del tubo (39) de alimentación del collar con aire comprimido;
- utilizar un chorro (68) lateral para mantener el collar (67) en el pasador (66) de carga;
- 10 retraer el tubo (39) de alimentación del collar;
- extender el deslizador (65) del pasador de carga para colocarlo debajo de un collar (35) de estampación, de modo que el collar (67), a la vez que todavía se sostiene en el pasador (66) de carga, se coloque entre los dedos (69) de alimentación del collar (35) de estampación;
- 15 mover el collar (35) de estampación hacia adelante para empujar el collar (67) contra los dedos (69) de alimentación y luego mover el collar (35) de estampación para liberar el pasador (66) de carga, de modo que el collar (67) esté libre del pasador (66) de carga;
- retraer el deslizador (65) del pasador de carga lejos del collar (35) de estampación, en donde el collar (67) está firmemente asentado en los dedos (69) de alimentación del collar (35) de estampación;
- 20 avanzar el collar (35) de estampación hacia la superficie (63) y el sujetador (71) insertado a través del agujero (64) en la superficie (63);
- asentar el collar (67) en un extremo del sujetador (71) usando el collar (35) de estampación, en donde los dedos (69) de alimentación del collar (35) de estampación se abren, y el collar (67) se empuja sobre el sujetador (71); y
- estampar el collar (67) en el sujetador (71) usando una herramienta (33) de instalación de sujetador.
- 25 9. El método de la reivindicación 8, que comprende además alinear el efector (22) final con respecto a una o más características en la superficie (10B) interior usando una cámara (41) de resincronización del efector (22) final.
10. El método de la reivindicación 8 o la reivindicación 9, que comprende además alinear la máquina (14) de sujeción automática con otra máquina en un exterior de la estructura (10).
11. El método de cualquiera de las reivindicaciones 8 a 10, que comprende además posicionar el efector (22) final con respecto a la superficie (10B) interior usando un sensor (42) de normalidad del efector (22) final, en donde la etapa de posicionamiento comprende girar el brazo (21) y el efector (22) final para lograr una orientación sustancialmente perpendicular con respecto a la superficie (10B) interior usando señales del sensor (42) de normalidad.
- 30 12. El método de cualquiera de las reivindicaciones 8 a 11, en donde la etapa de sujeción comprende acoplar la superficie (10B) interior y aplicar la fuerza adyacente al agujero (64) usando un pie (36) de sujeción del efector (22) final.
- 35 13. El método de cualquiera de las reivindicaciones 8 a 12, en donde la fuerza se aplica para un proceso de ensamblaje único (OUA) utilizado en las etapas de sujeción.
14. El método de la reivindicación 8, en donde la etapa de estampado comprende:
- 40 forzar un troquel (70) de estampado hacia abajo sobre el collar (67) usando la herramienta (33) de instalación de sujetador, la cual reduce el diámetro del collar (67) y estampa progresivamente el material del collar (67) en el troquel (70) de estampado, en donde la instalación se completa cuando se rompe una cola larga (72) del sujetador (71).
15. El método de la reivindicación 14, que comprende retraer el collar (35) de estampación para quitar el troquel (70) de estampado del collar (67) estampado, y luego aspirar la cola larga (72) a través de un tubo (40, 51) de retorno de cola larga a un punto de recogida.

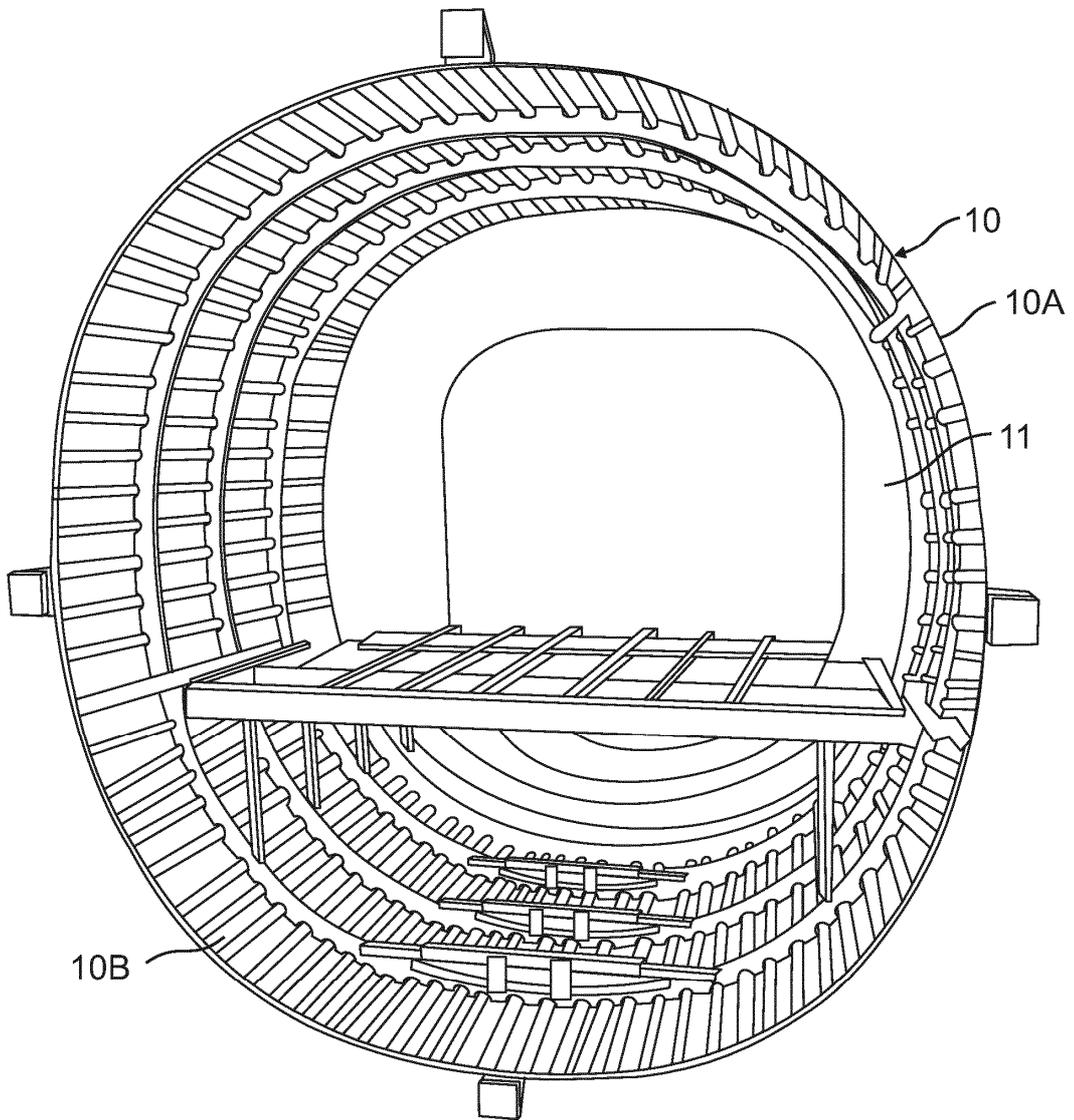


FIG. 1

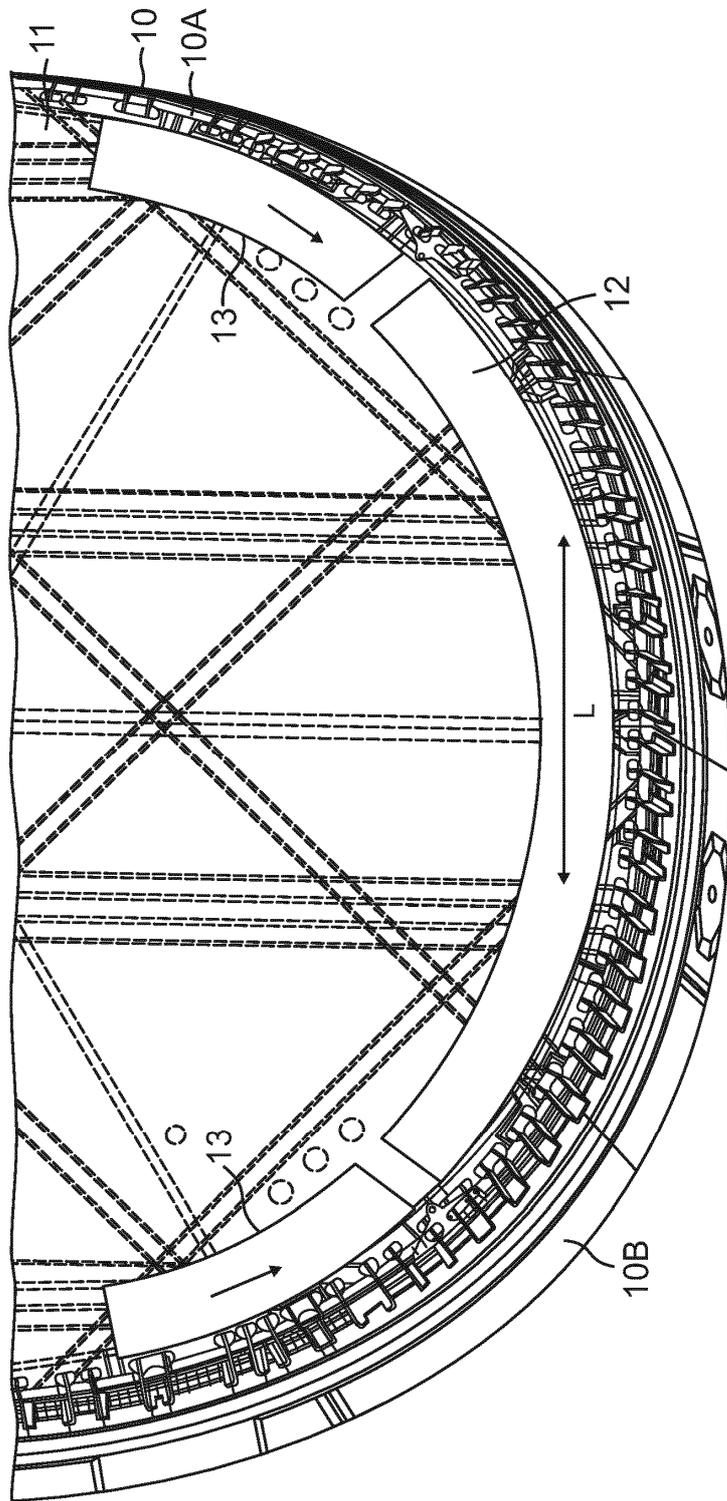


FIG. 2A

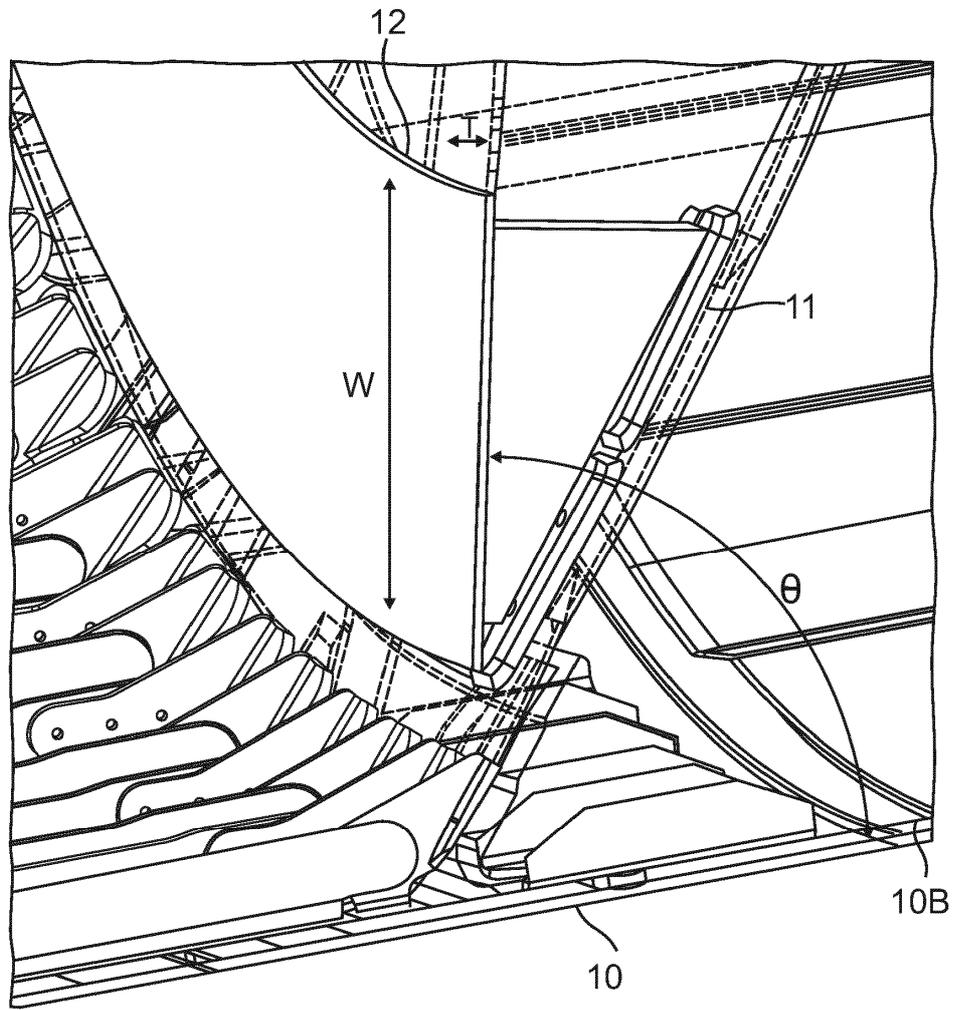


FIG. 2B

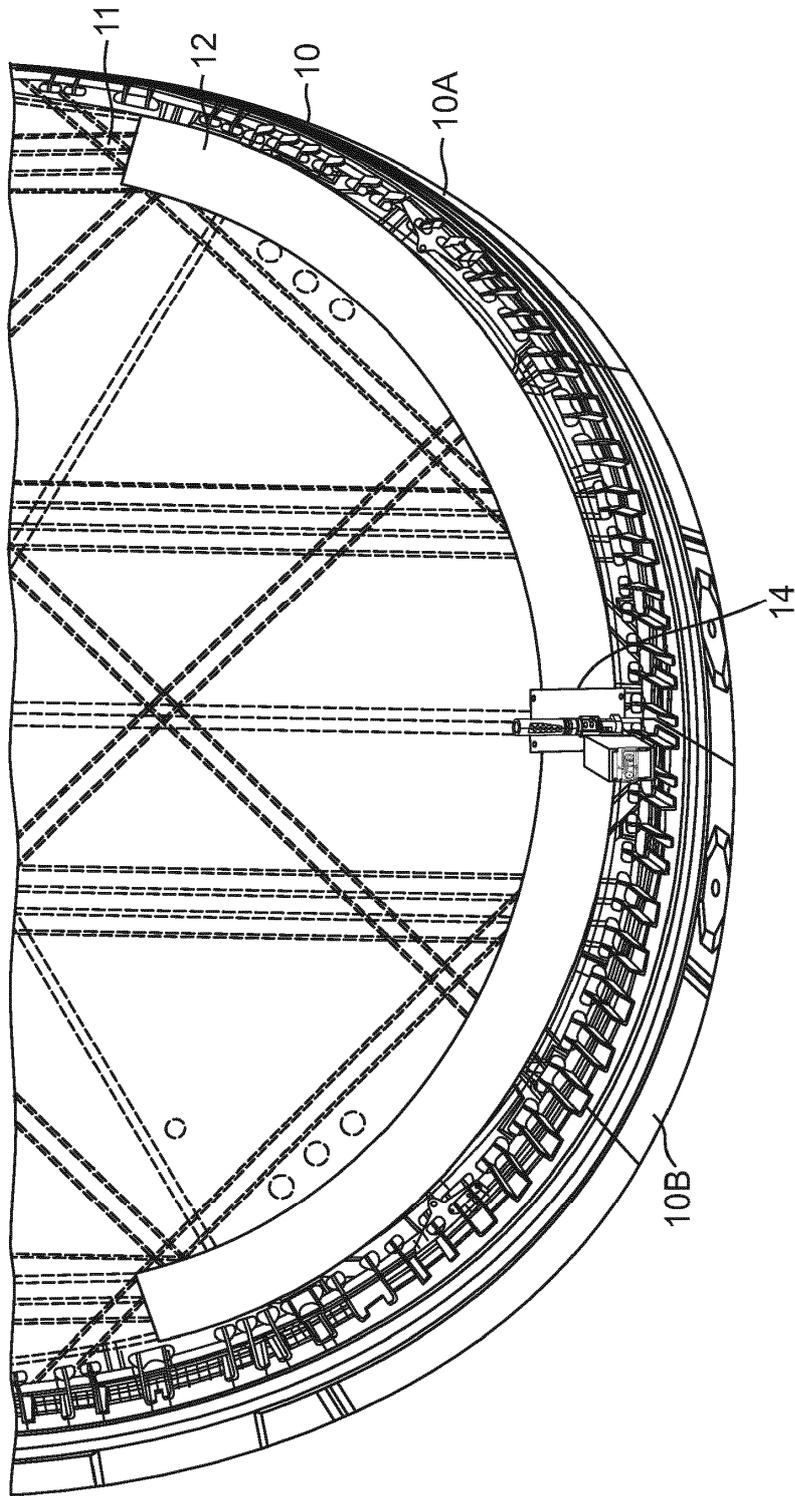


FIG. 2C

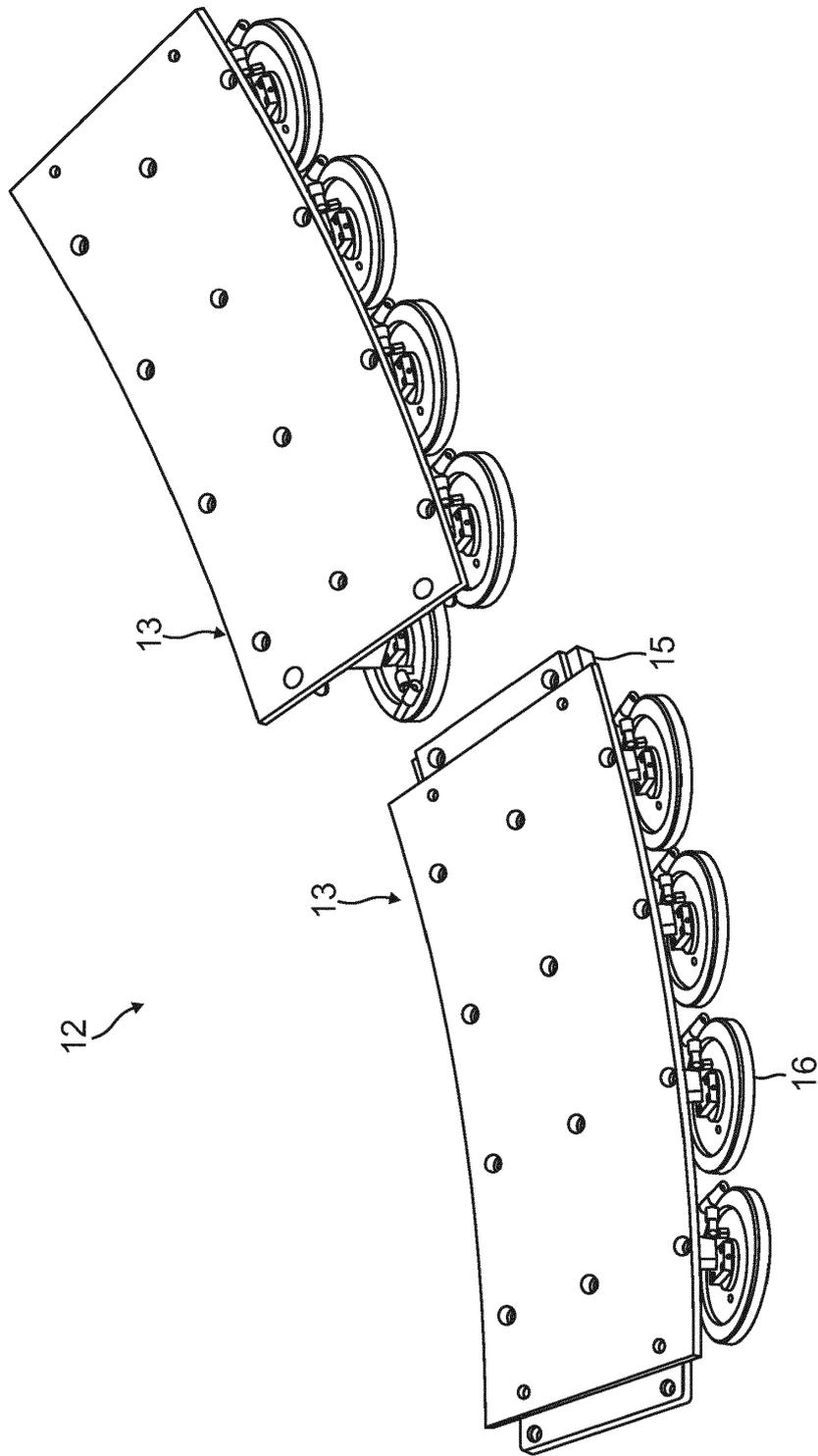


FIG. 3A

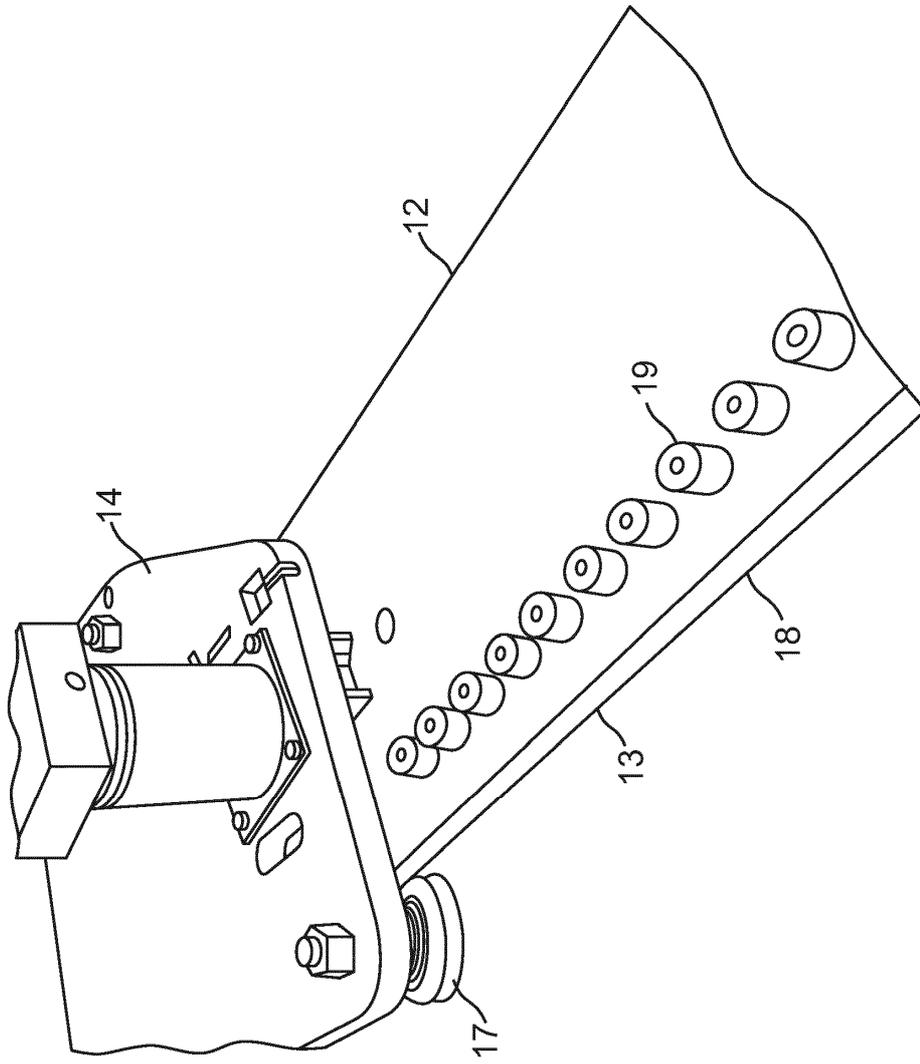


FIG. 3B

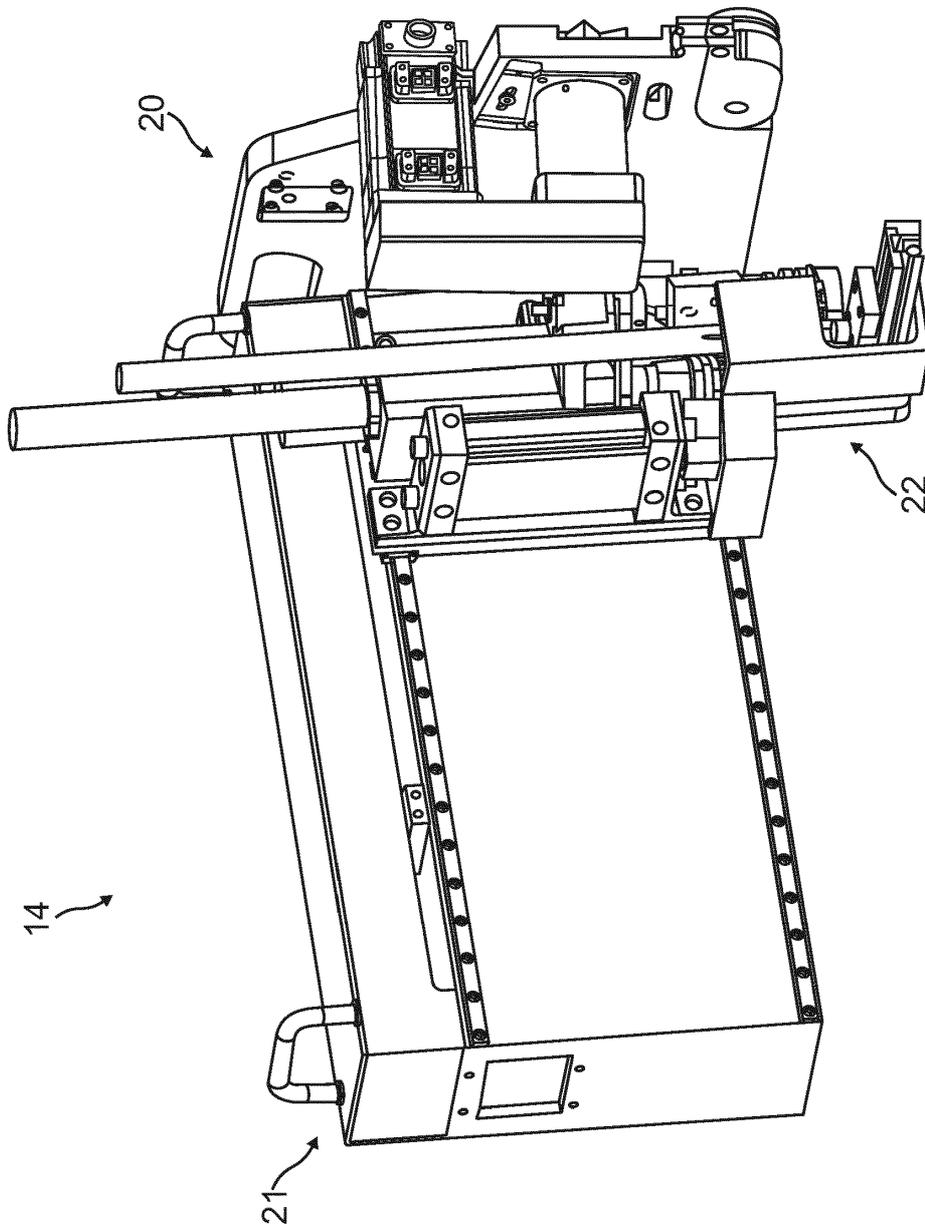
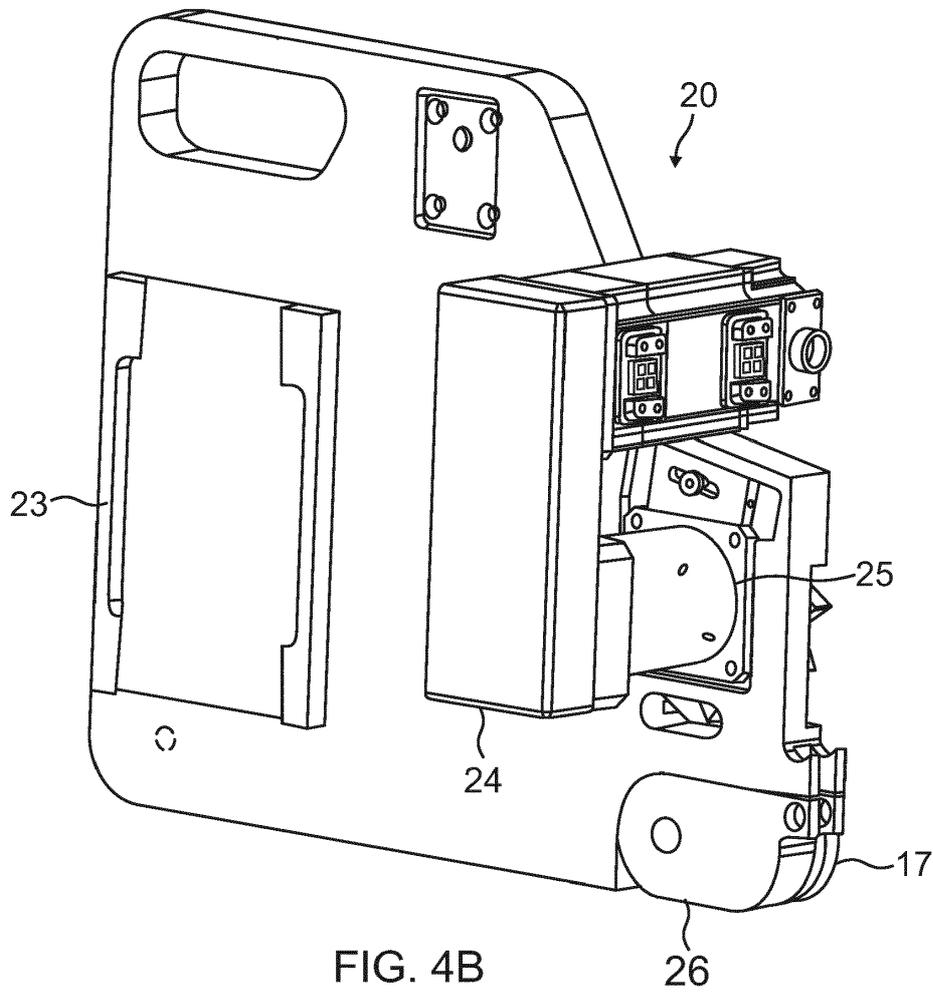


FIG. 4A



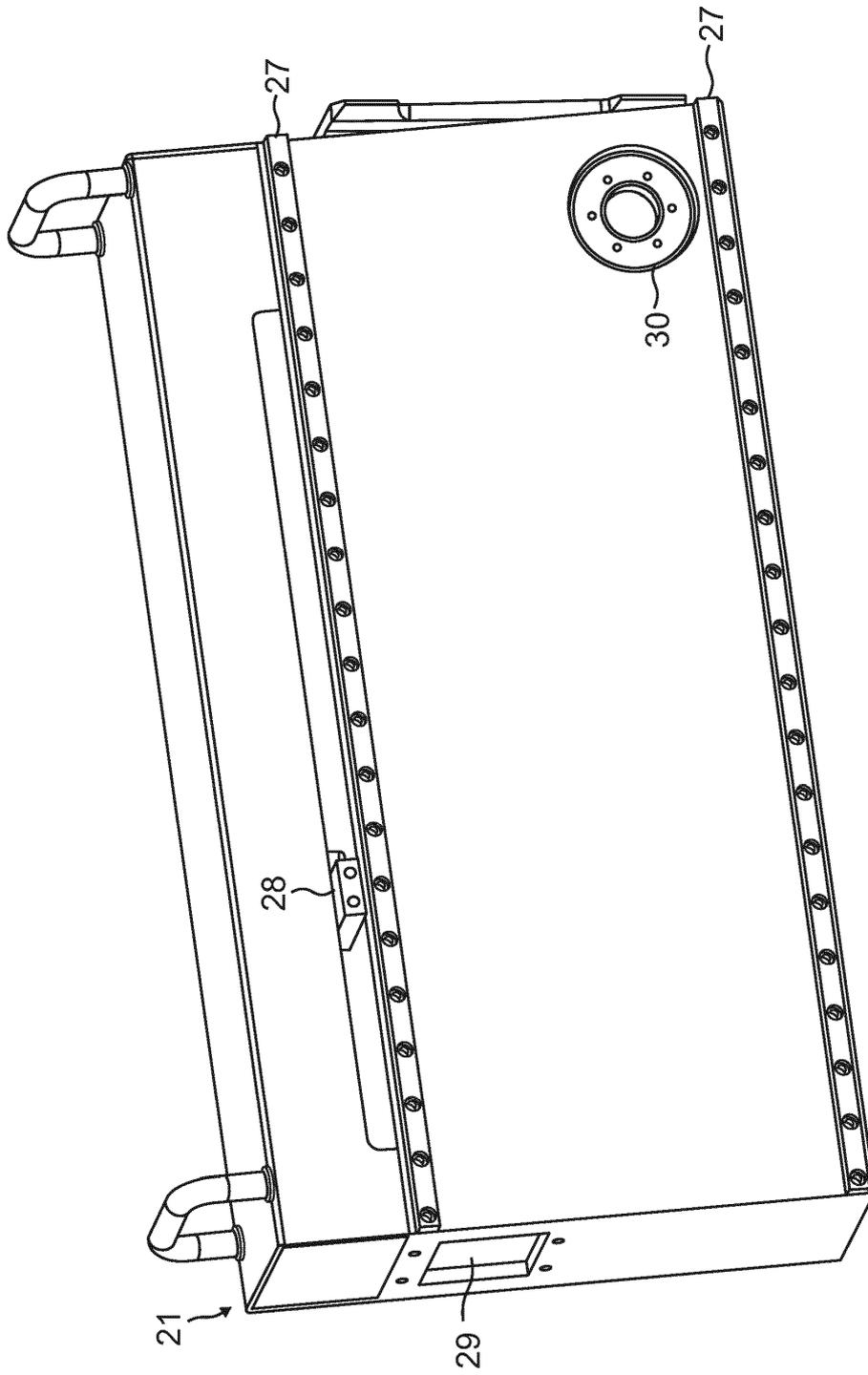
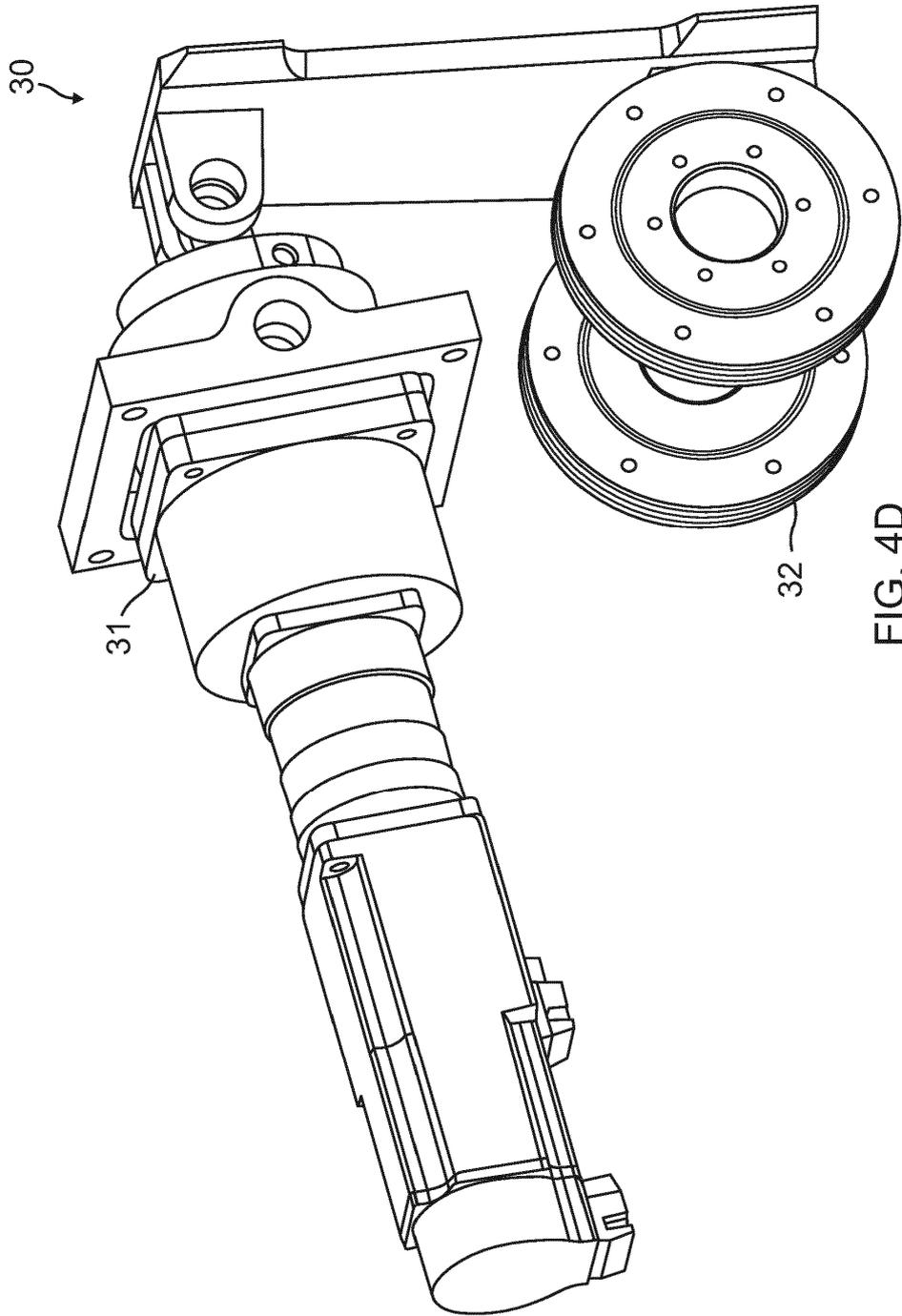


FIG. 4C



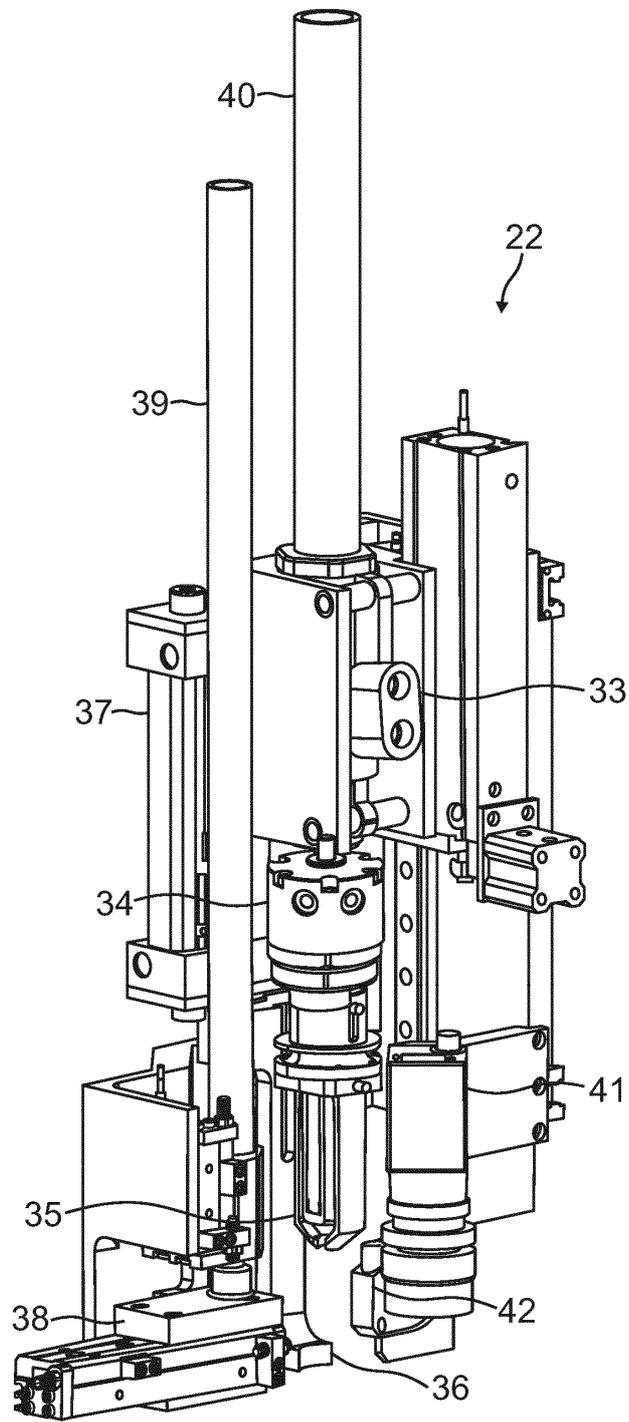


FIG. 4E

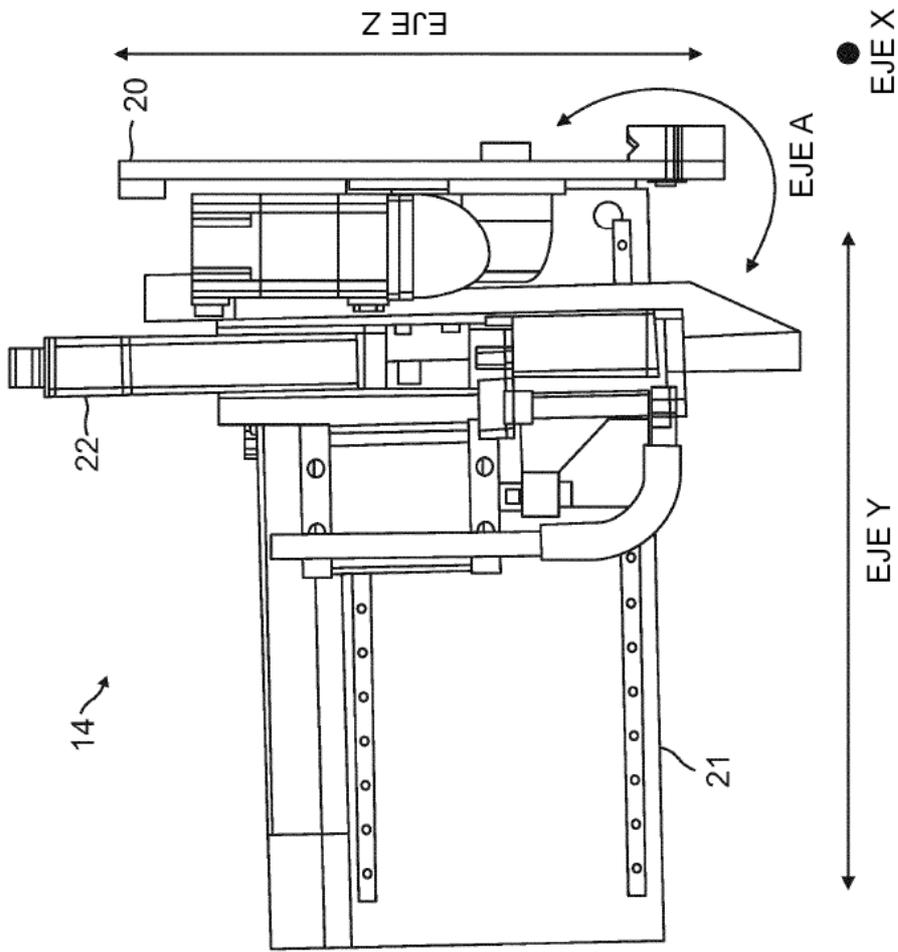


FIG. 4F

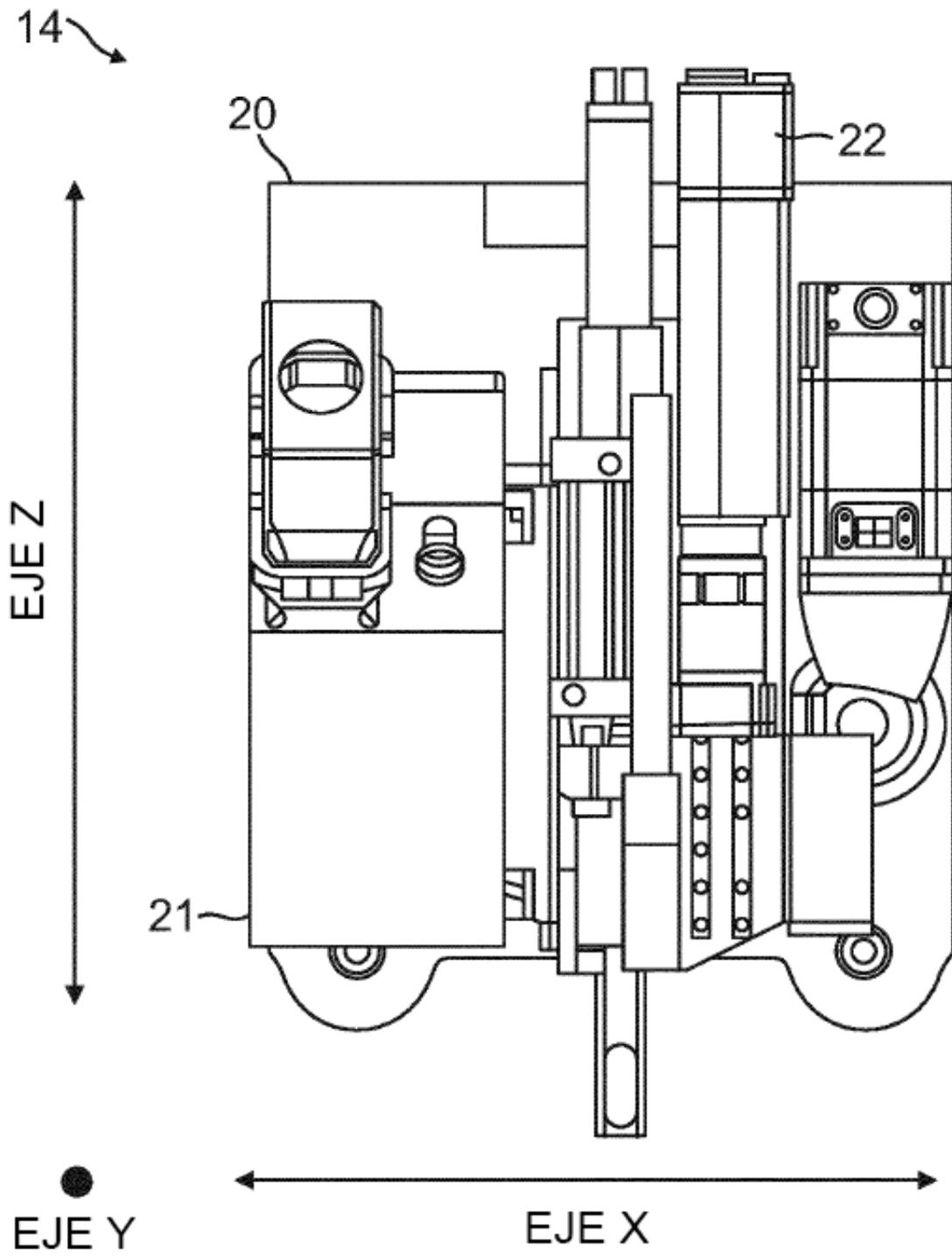


FIG. 4G

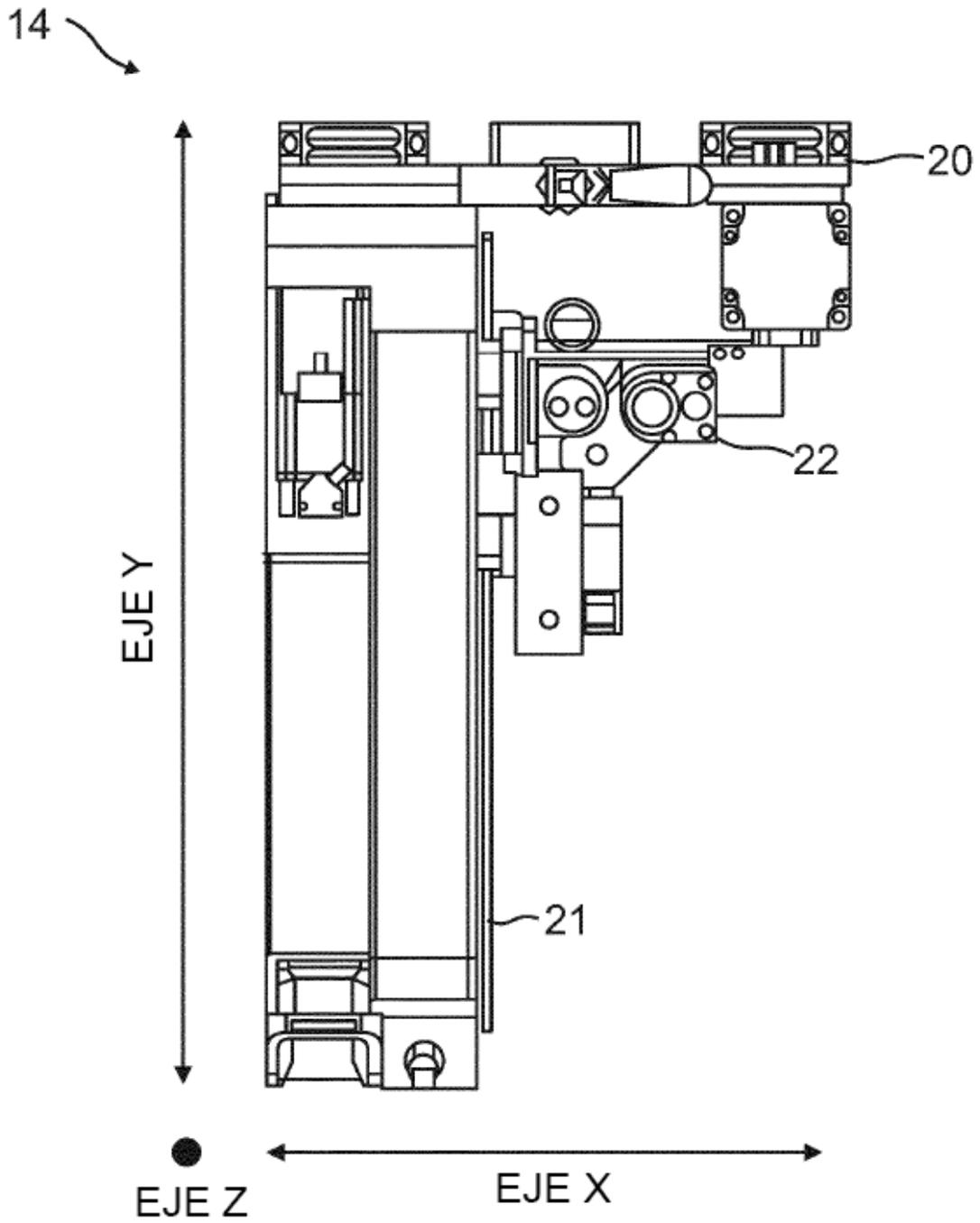


FIG. 4H

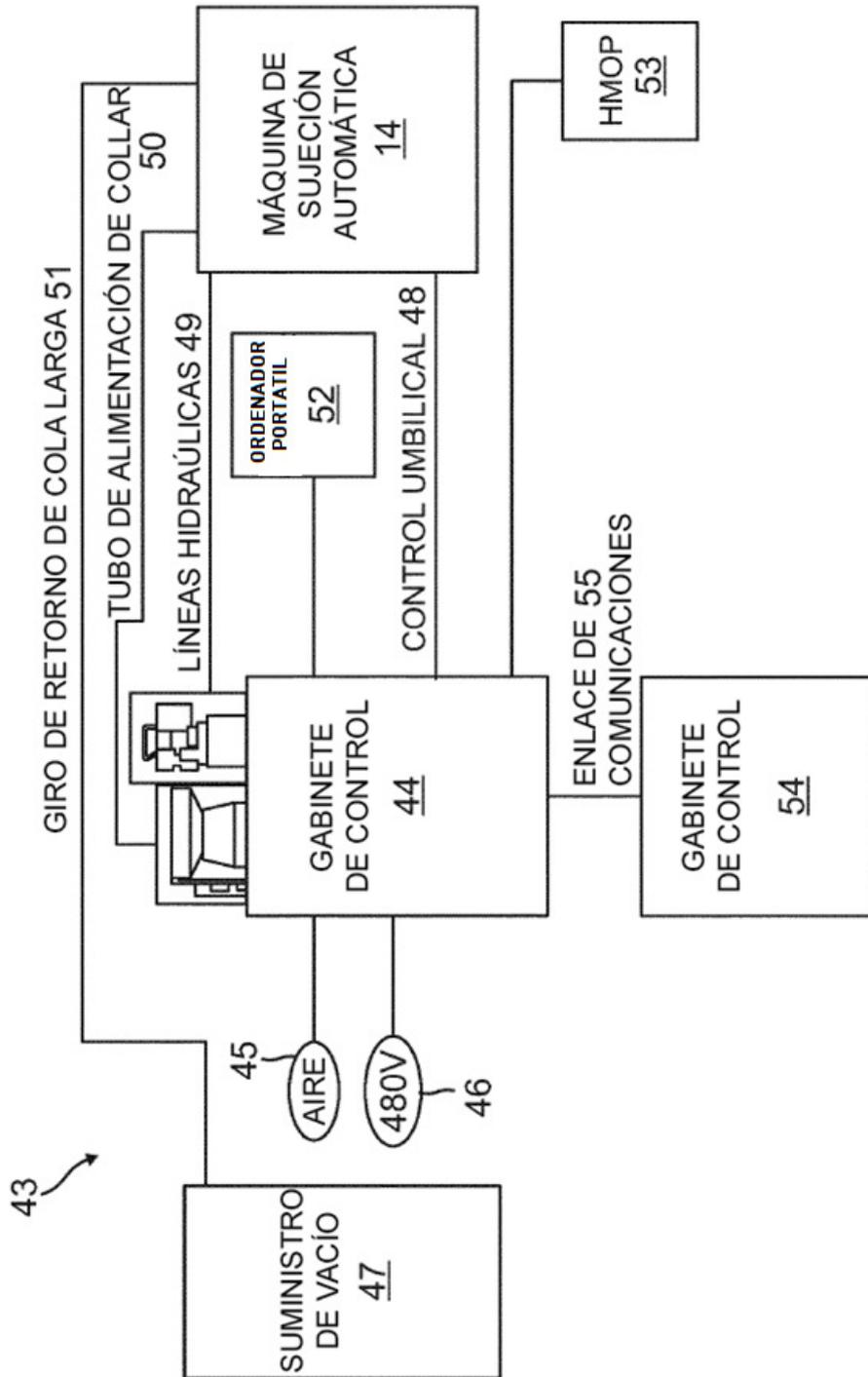


FIG. 5A

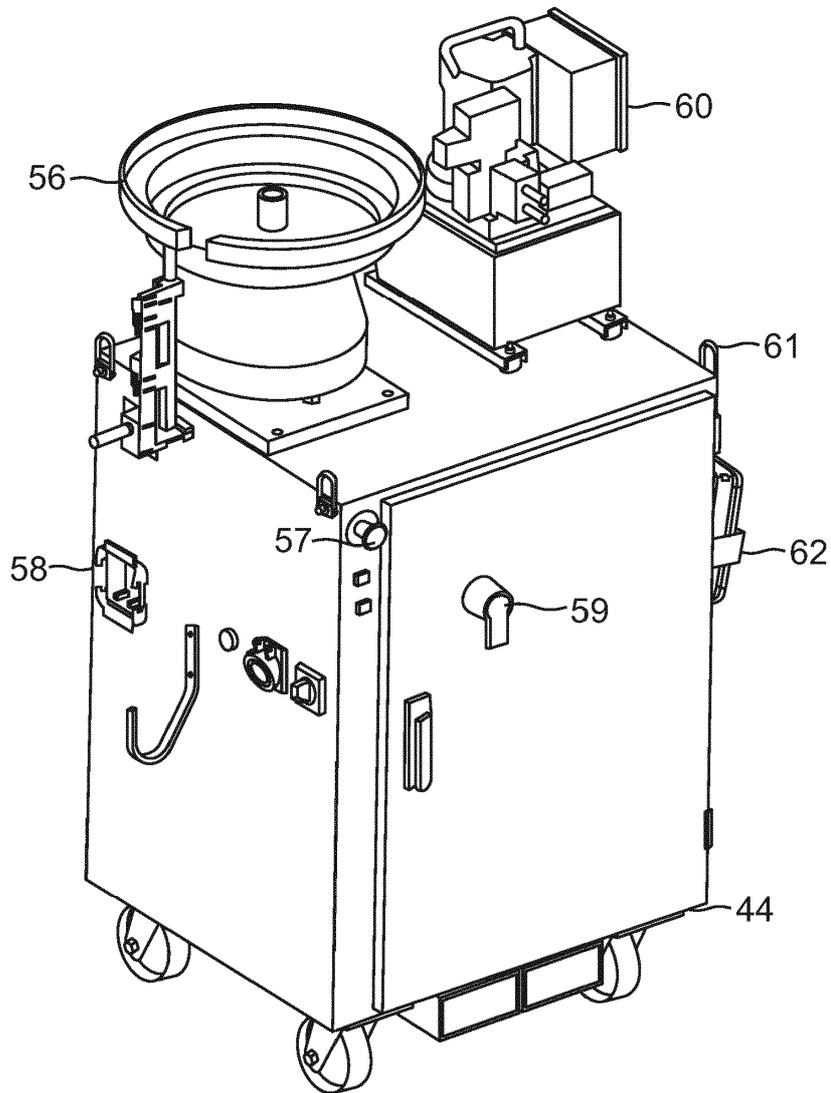


FIG. 5B

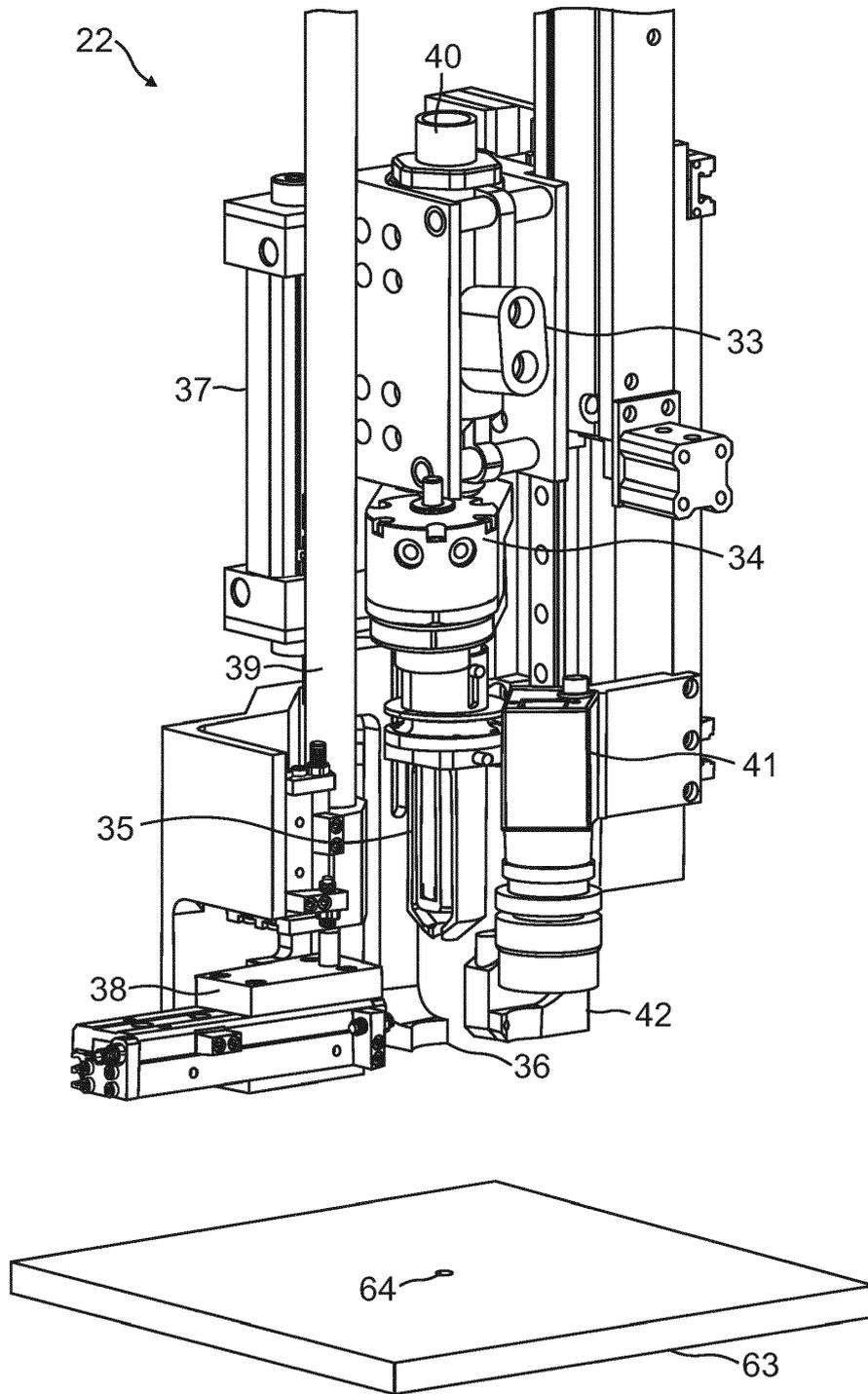


FIG. 6A

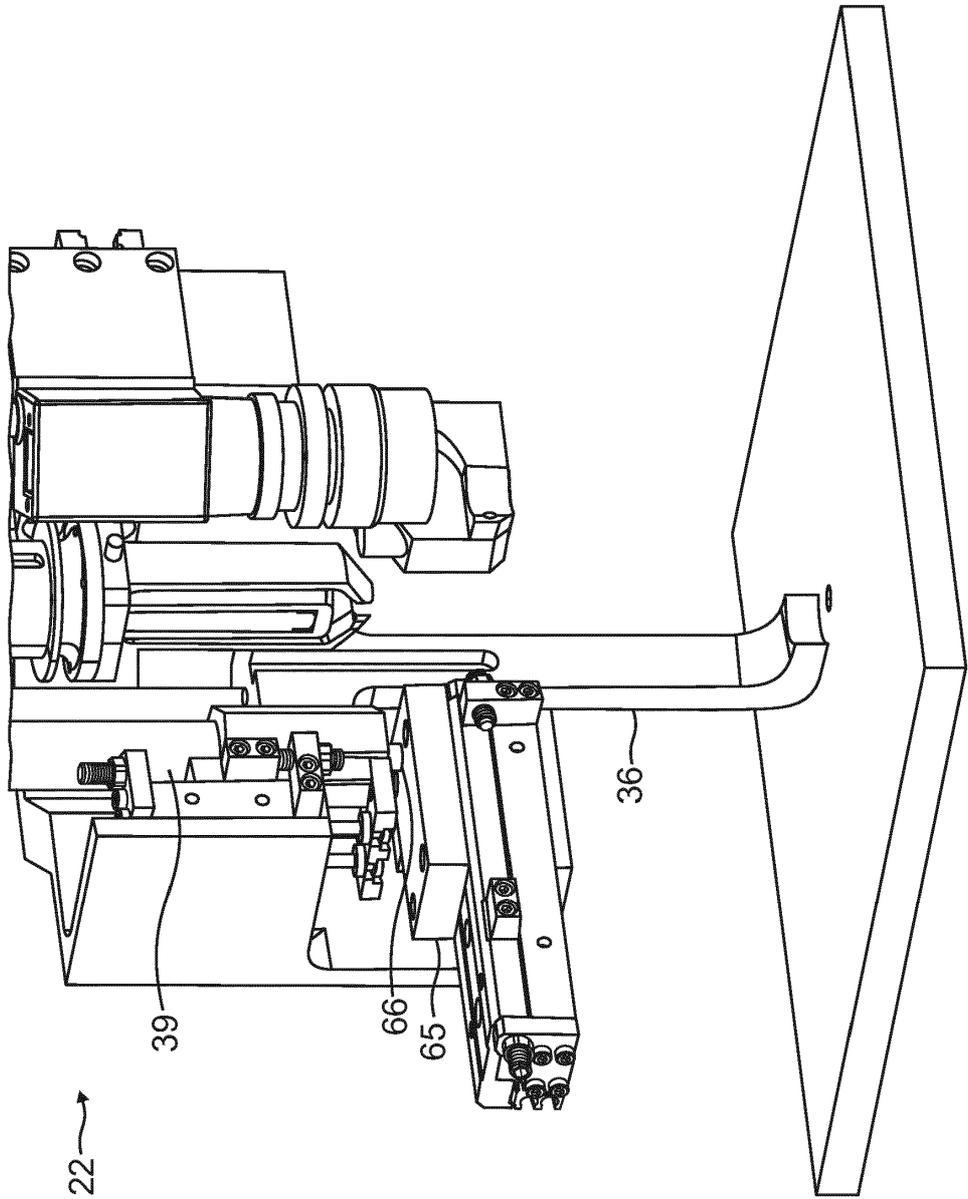


FIG. 6B

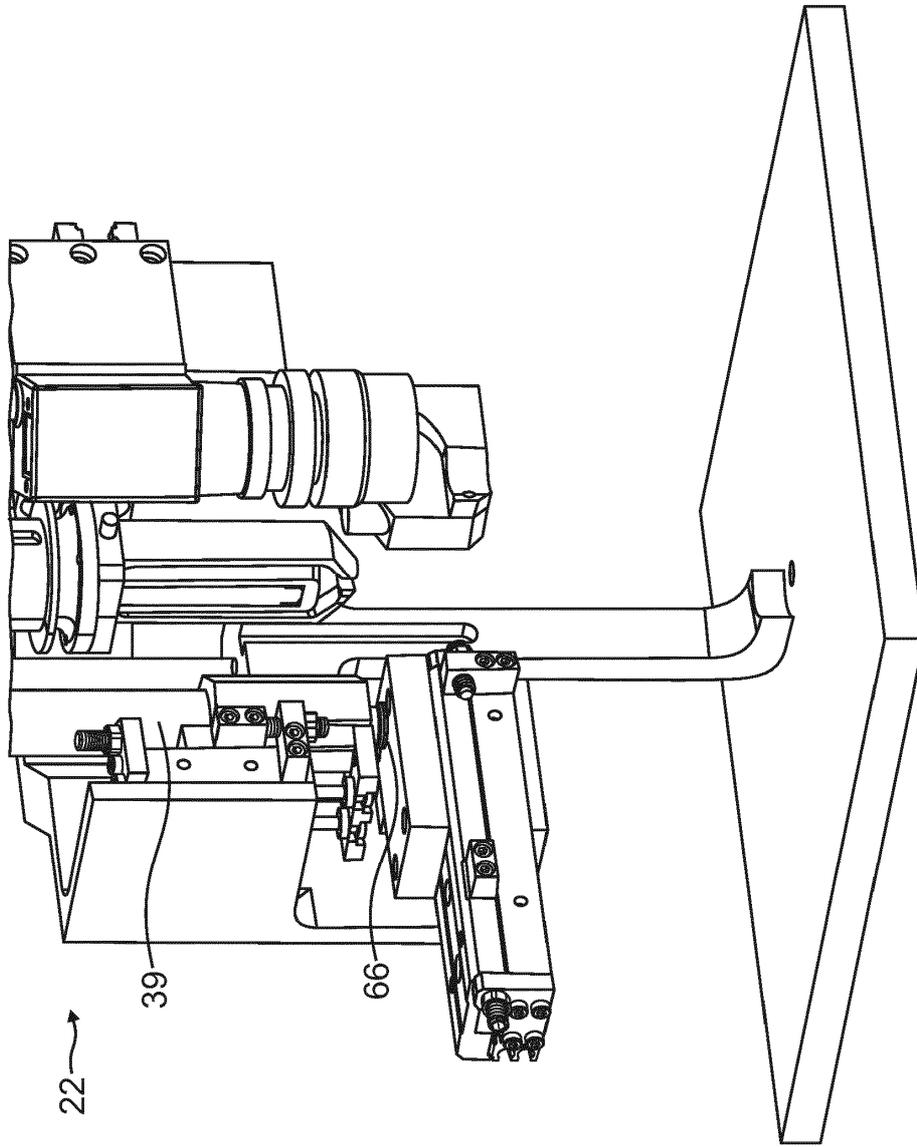


FIG. 6C

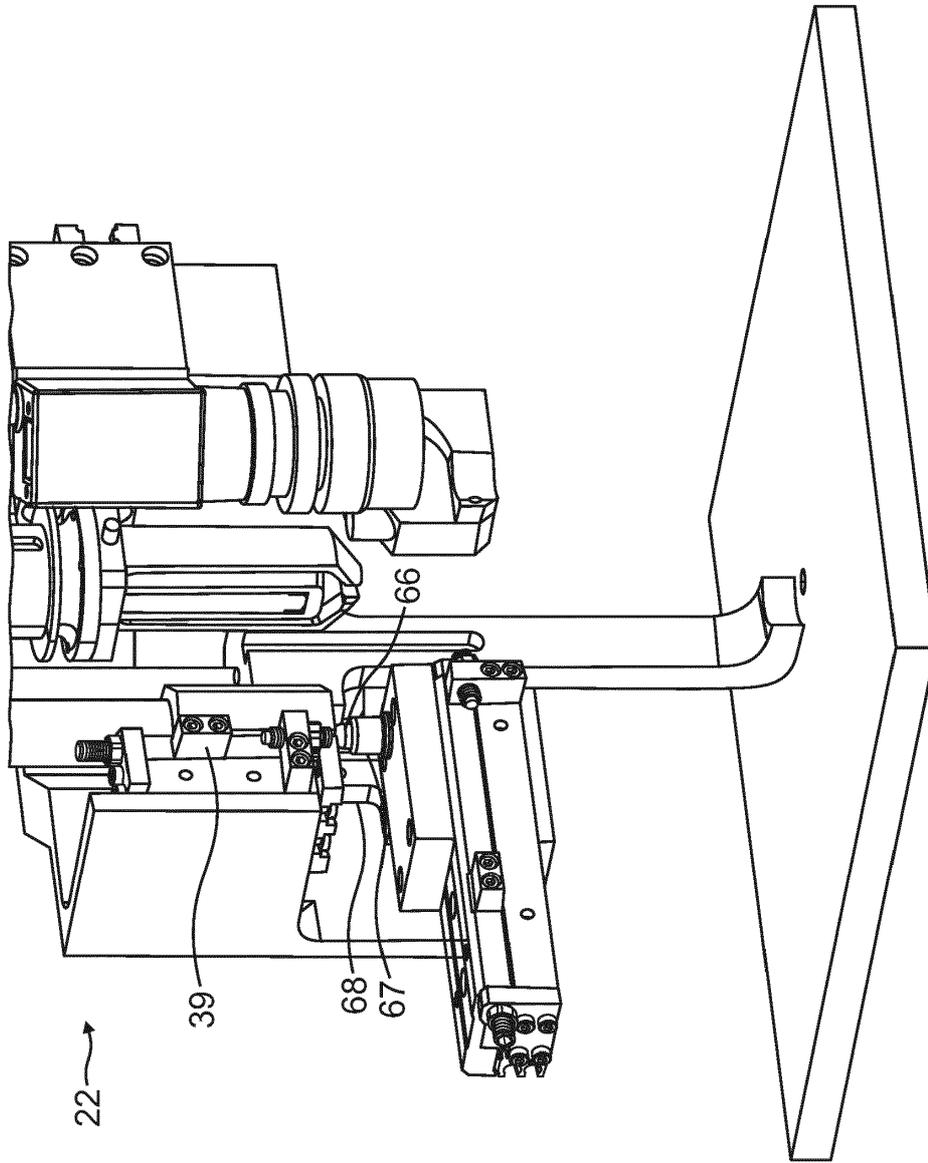


FIG. 6D

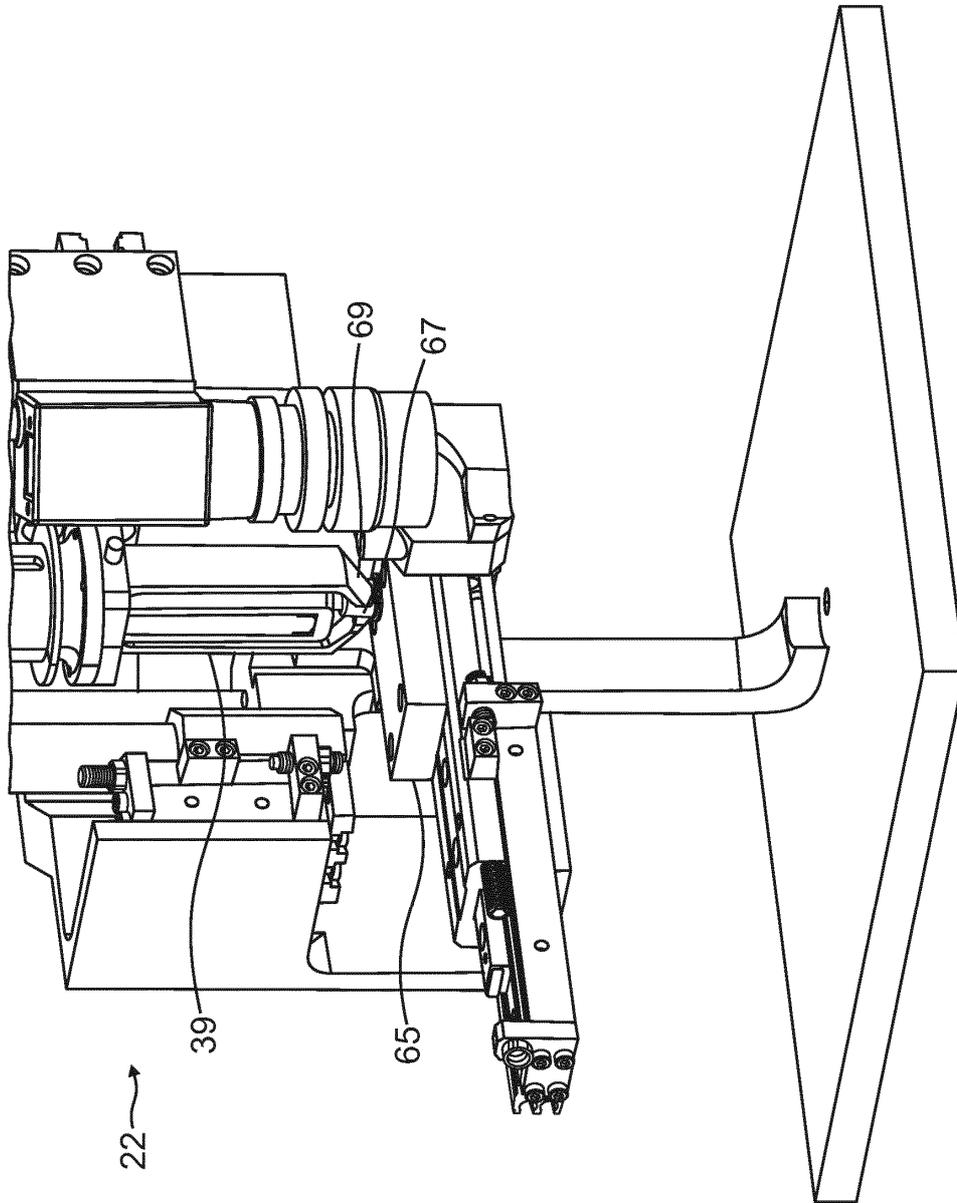


FIG. 6E

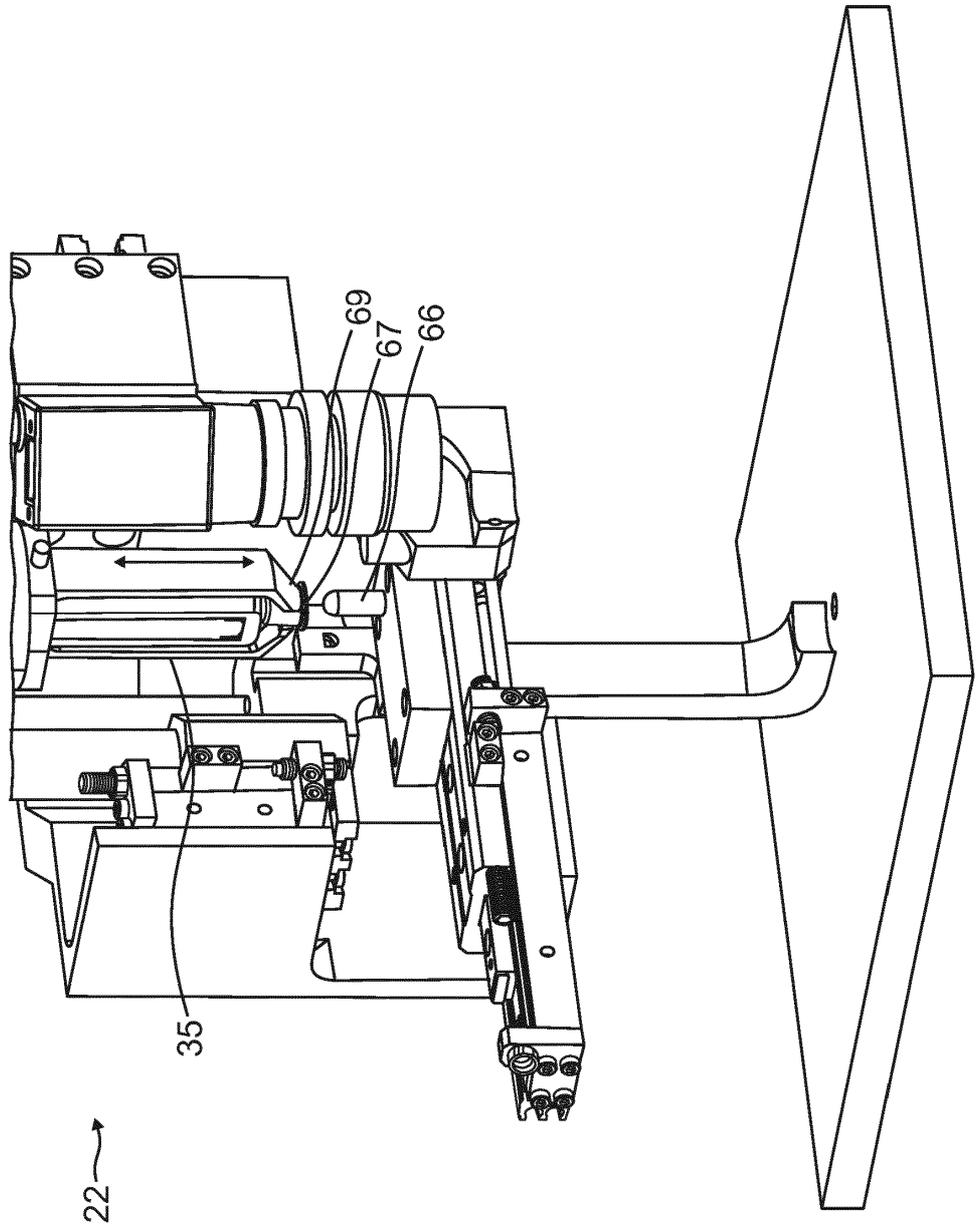


FIG. 6F

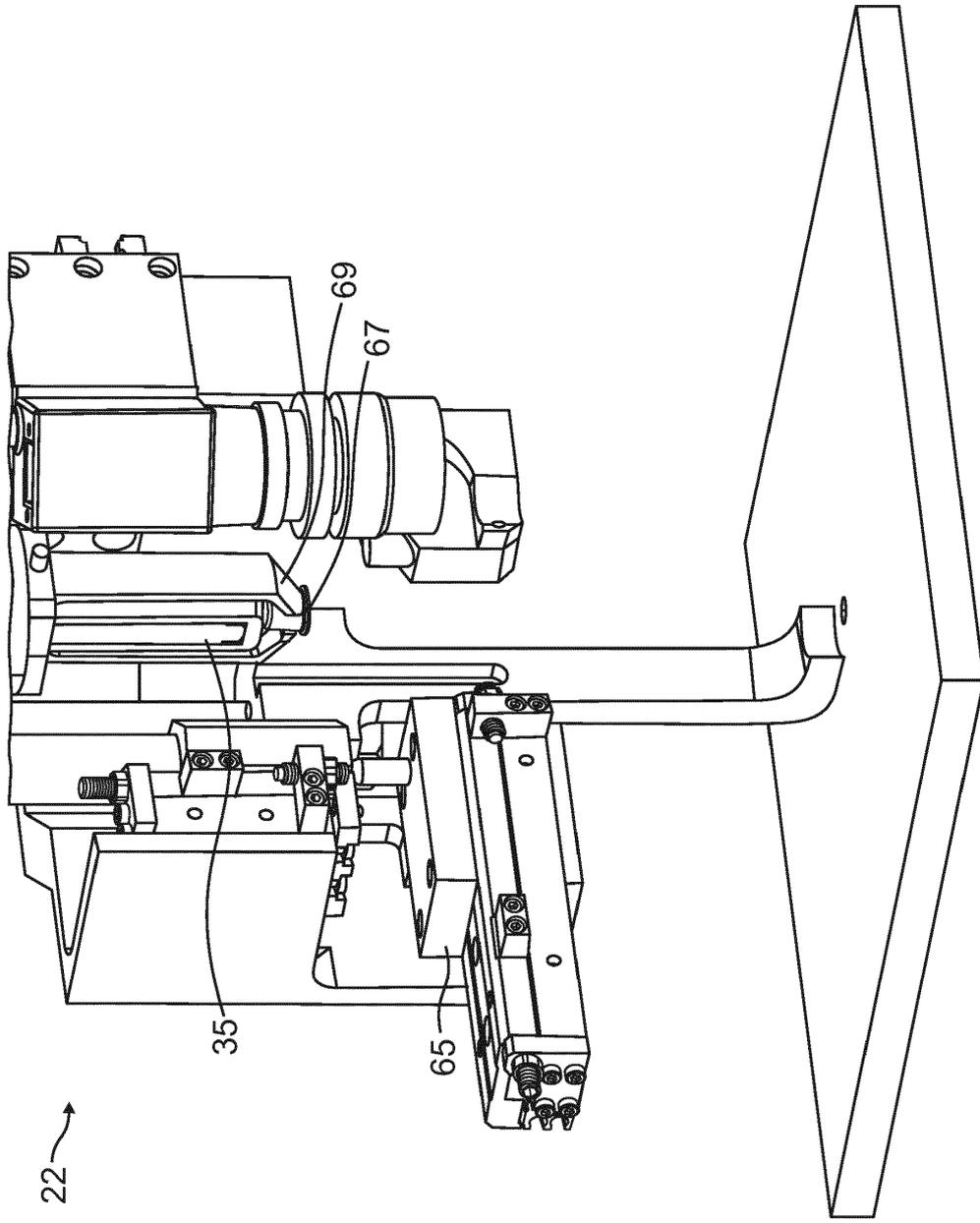


FIG. 6G

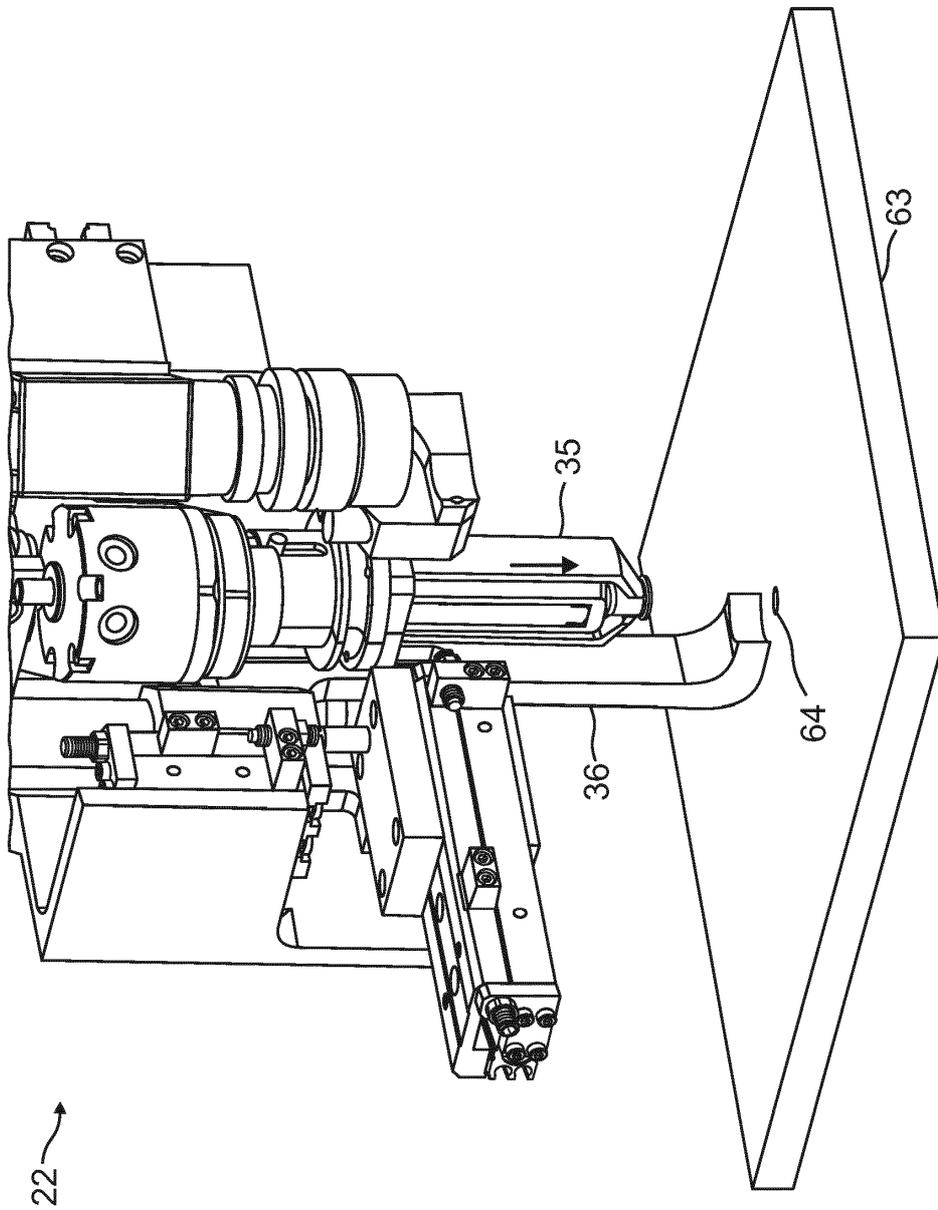


FIG. 6H

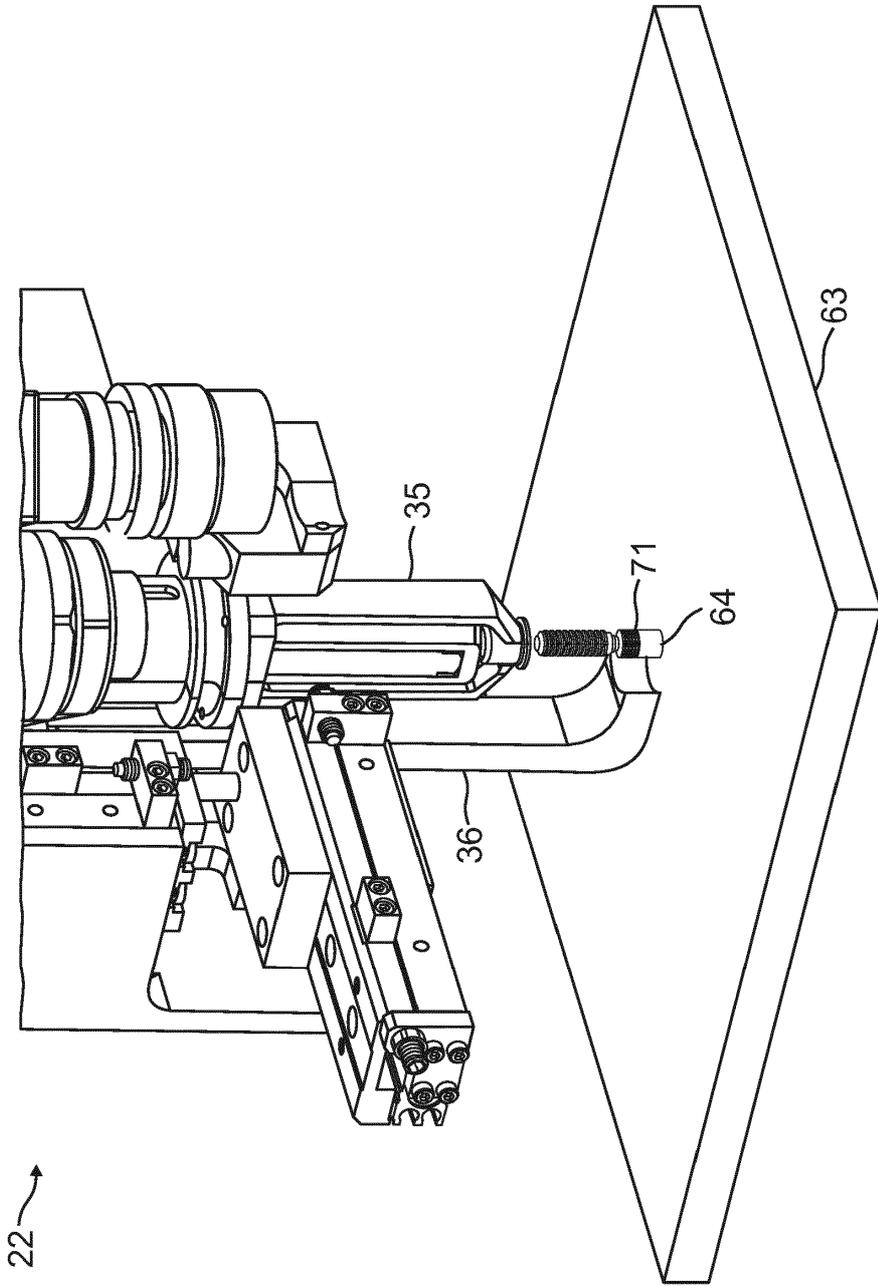


FIG. 6I

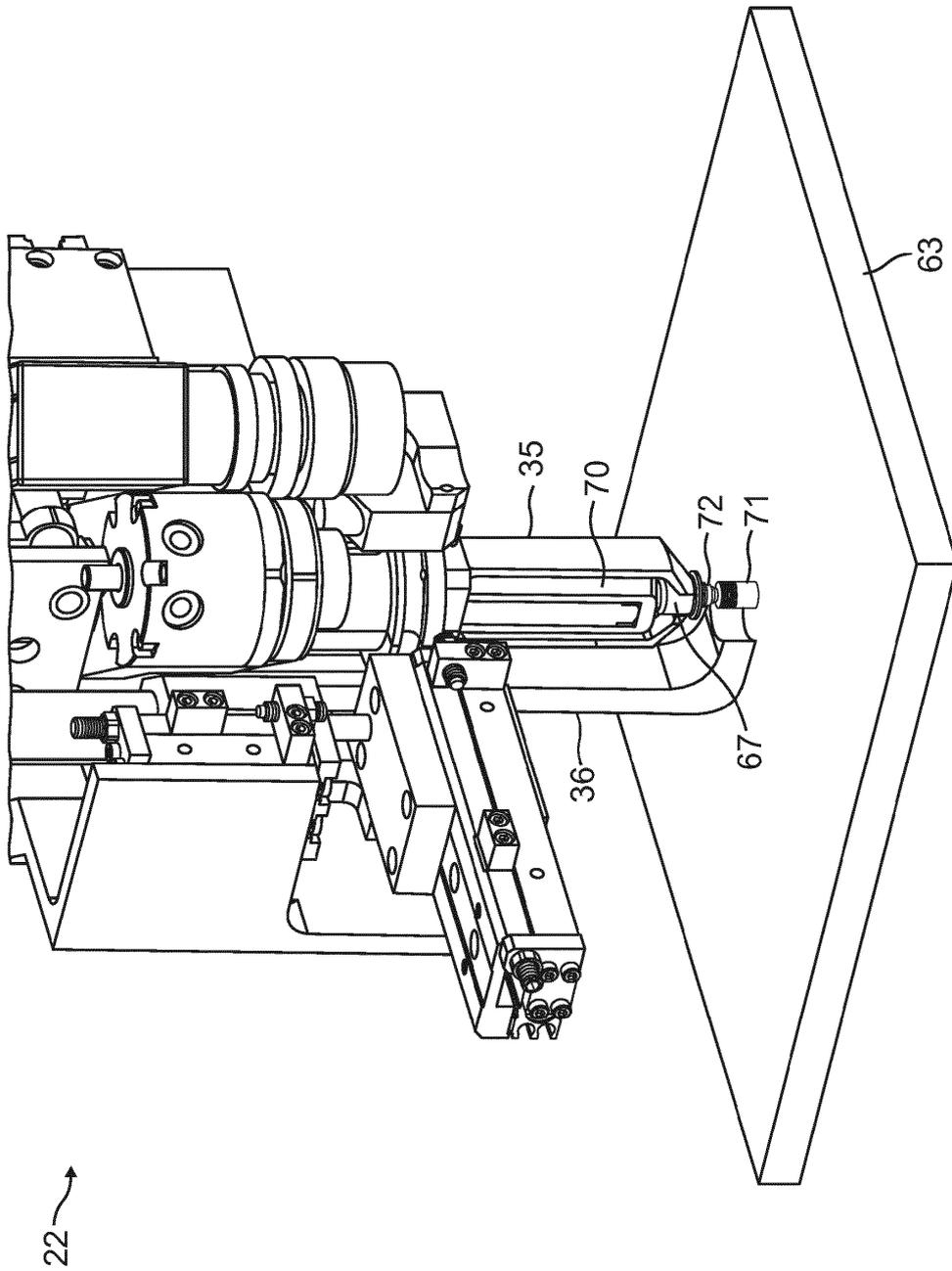


FIG. 6J

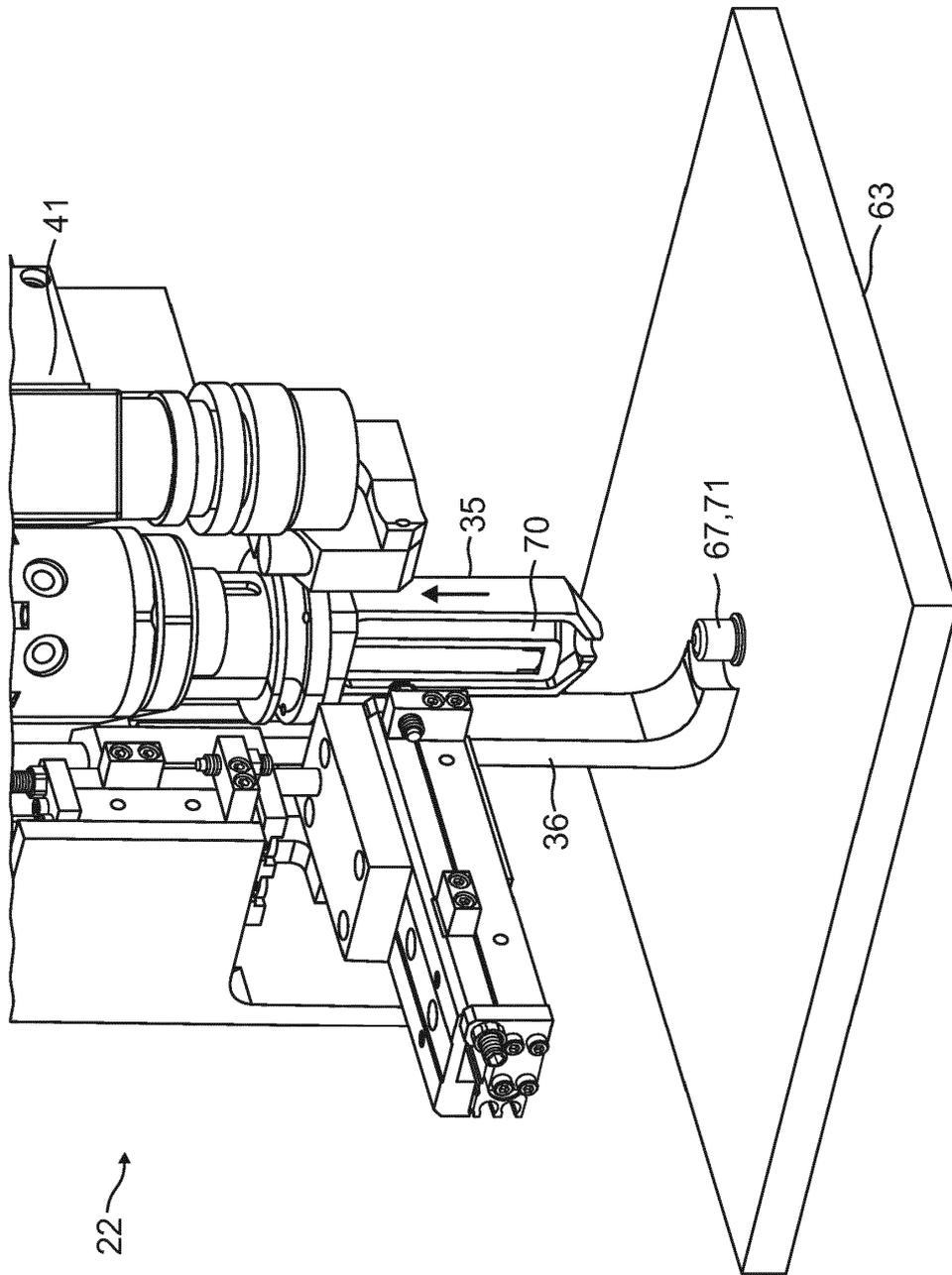


FIG. 6K

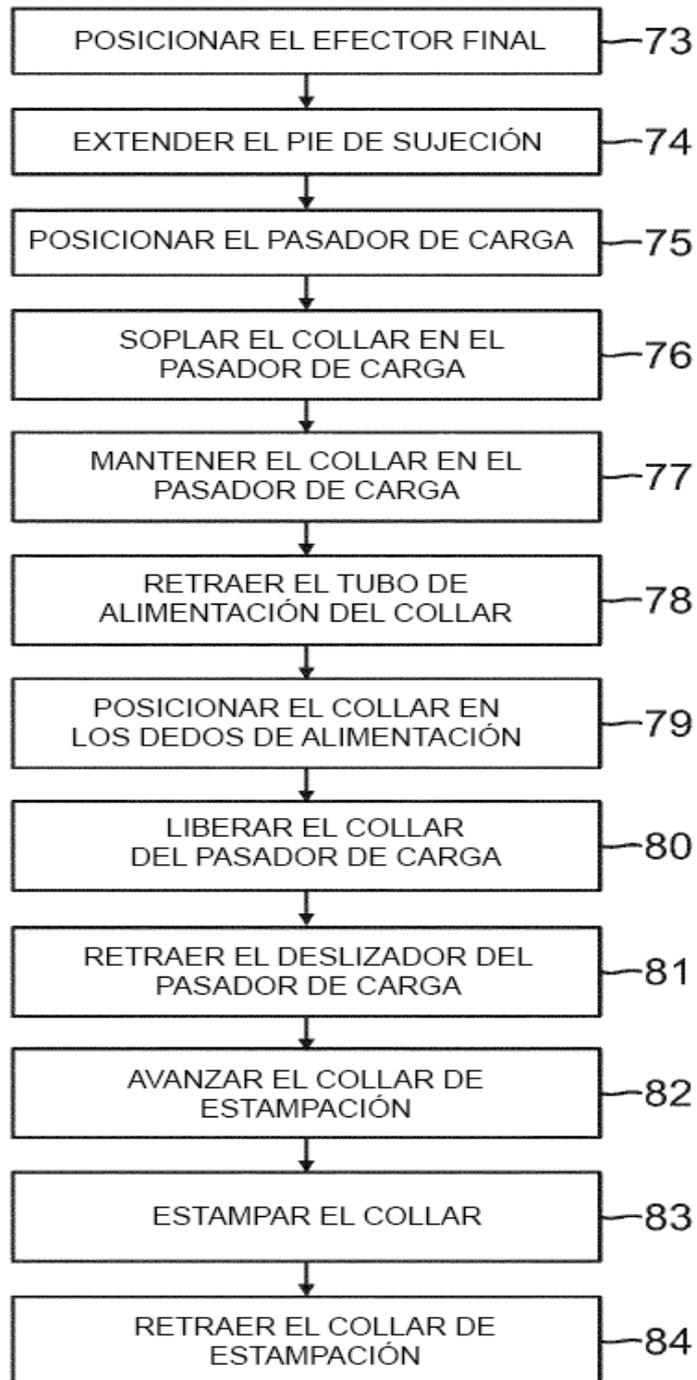


FIG. 7

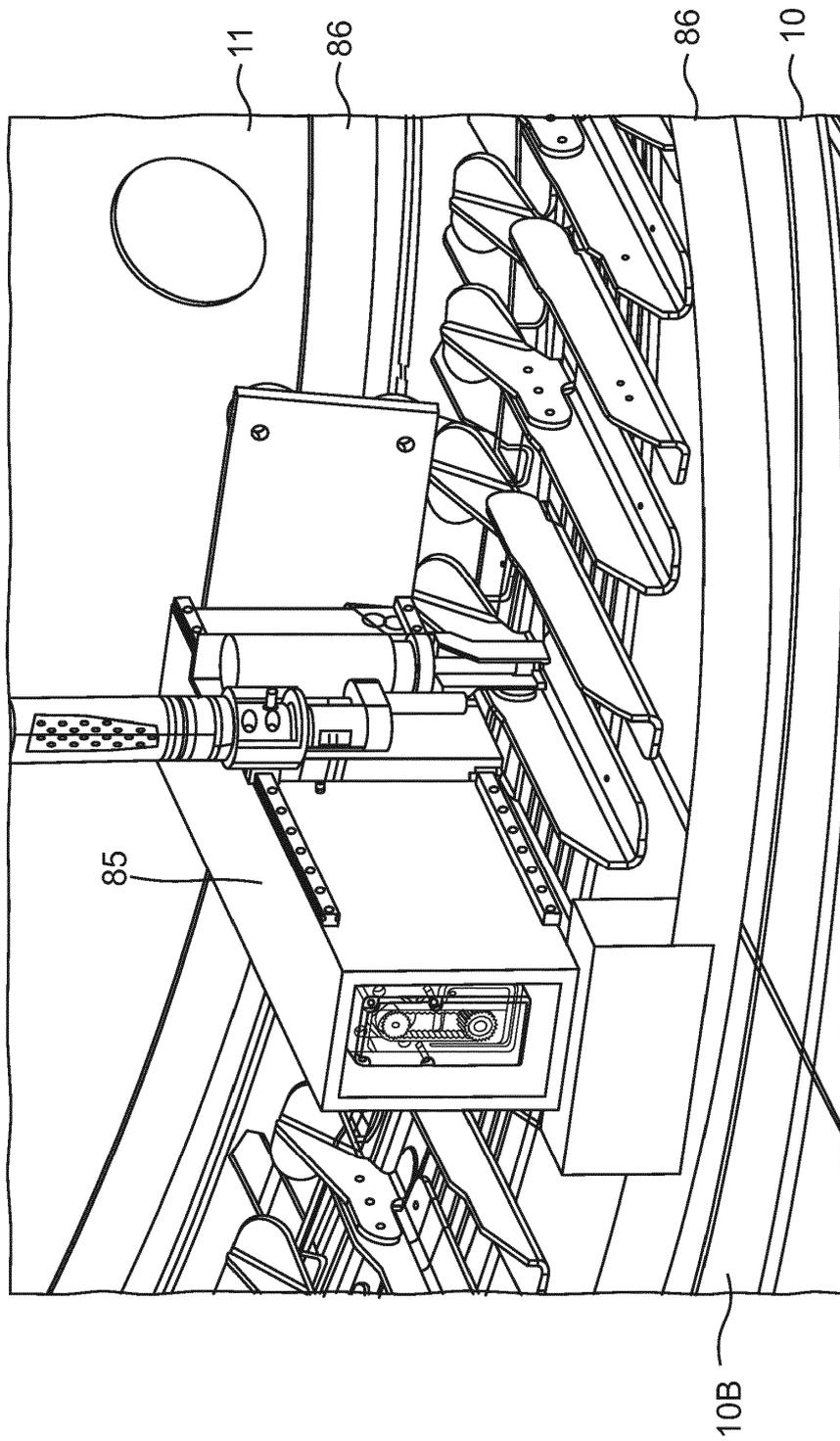


FIG. 8A

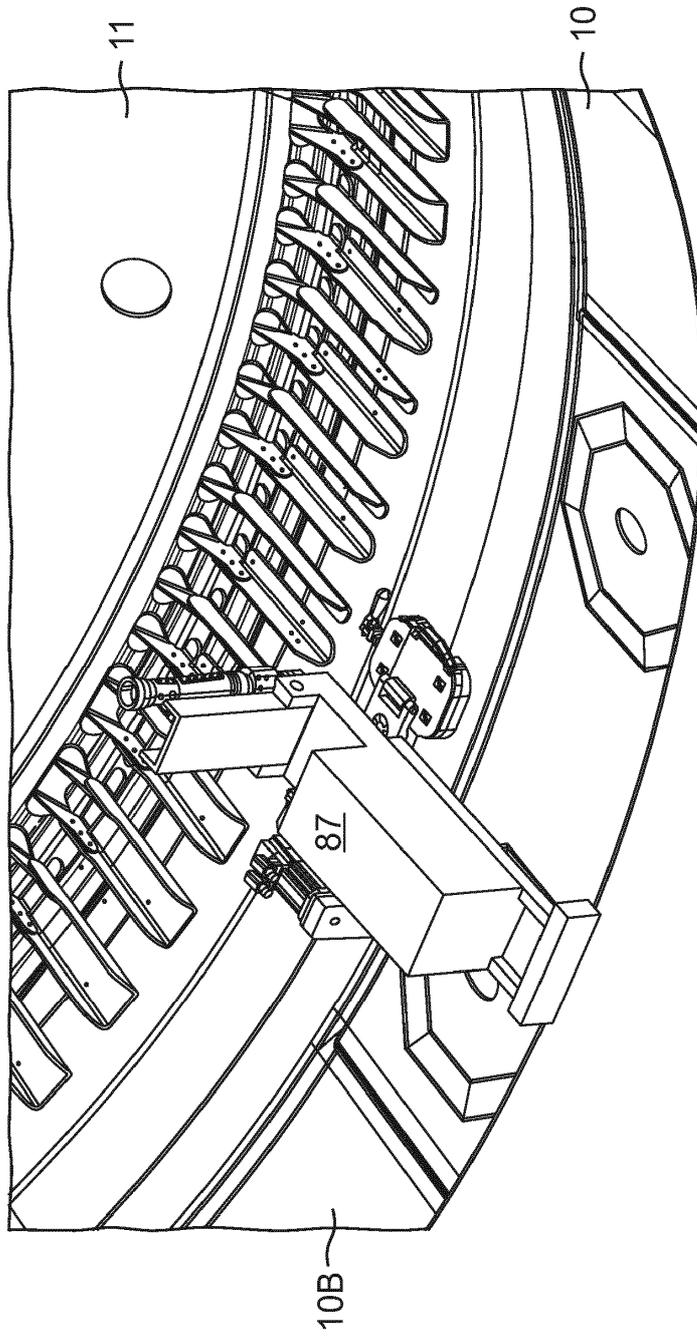


FIG. 8B

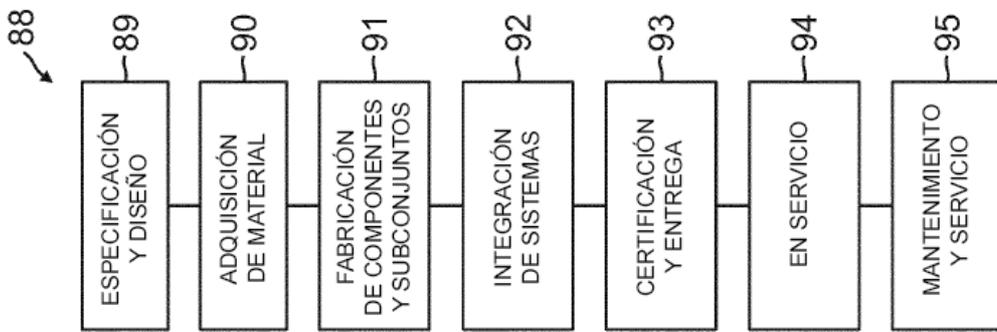


FIG. 9A

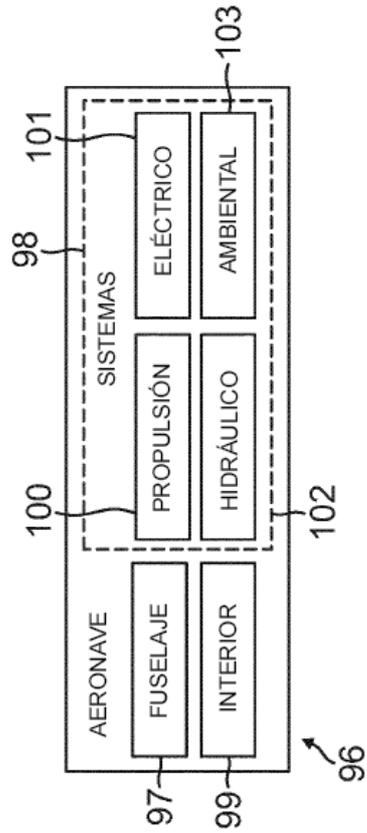


FIG. 9B