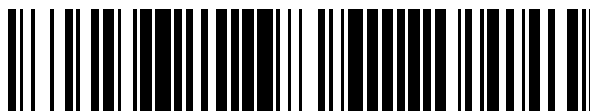


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 386 737**

51 Int. Cl.:
B62D 57/032 (2006.01)
B62D 57/024 (2006.01)
B21J 15/14 (2006.01)
B23Q 9/00 (2006.01)
B23B 41/00 (2006.01)
B25J 9/16 (2006.01)
B64F 5/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **07380116 .9**
96 Fecha de presentación: **26.04.2007**
97 Número de publicación de la solicitud: **1884453**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **06.02.2008**

54 Título: **Robot trepador equipado con una unidad de trabajo, y sistema de control de tales robots trepadores**

30 Prioridad:
31.07.2006 ES 200602075

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
28.08.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
28.08.2012

73 Titular/es:
AIRBUS OPERATIONS S.L.
AVENIDA JOHN LENNON, S/N
28906 GETAFE, MADRID, ES

72 Inventor/es:
Montero Sanjuan, Pedro y
Ramallo Gutierrez, José Luis

74 Agente/Representante:
Ungría López, Javier

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).

ES 2 386 737 T3

DESCRIPCIÓN

Robot trepador equipado con una unidad de trabajo, y sistema de control de tales robots trepadores

5 Campo de la técnica

La presente invención se refiere a un robot trepador equipado con una unidad de trabajo, siendo dicho robot capaz de desplazarse sobre una superficie lisa curvada, posicionarse en diferentes lugares de trabajo predeterminados de dicha superficie y realizar un trabajo en uno o más sitios de operación en cada uno de dichos lugares de trabajo. La presente invención se refiere también a un equipo de gobierno de tales robots que incluye al menos un primer robot adaptado para realizar una o más etapas precedentes de dicho trabajo en los sitios predeterminados y un segundo robot adaptado para realizar posteriormente una o más etapas subsiguientes del trabajo en los mismos sitios predeterminados, estando ambos primer y segundo robots gobernados por unos medios de control para desplazarse y trabajar coordinadamente sobre la superficie de trabajo.

En general, el robot trepador y el equipo de robots trepadores de la presente invención tienen aplicación en cualquier sector industrial y, en particular, en el campo de la aeronáutica.

20 Estado de la técnica

En varios campos de la técnica existe la necesidad de disponer de robots trepadores capaces de trepar por superficies lisas fuertemente inclinadas, verticales o incluso desplomadas. Se conocen numerosos robots provistos de ventosas adaptadas para trepar, por ejemplo, por fachadas acristaladas de edificios con el propósito de efectuar tareas de limpieza o similares. Sin embargo, cuando las superficies de trabajo son curvadas, el desplazamiento de tales robots sobre las mismas presenta una problemática considerablemente mayor.

La solicitud de patente invención WO 94/26540 describe un robot provisto de bandas de rodadura sinfín de tipo "oruga" equipadas con ventosas adaptadas para acoplarse a la superficie de trabajo a medida que las bandas sinfín van rodando. Este robot trepador está destinado a efectuar inspecciones no destructivas y operaciones de limpieza sobre superficies exteriores de aeronaves. Las superficies exteriores de una aeronave son curvadas y a menudo tienen dos o más direcciones de curvatura. Para efectuar virajes, los vehículos equipados con bandas sinfín en general deben mover las dos bandas a velocidades diferentes o en direcciones opuestas, y las bandas sinfín patinan sobre el suelo durante el viraje. Un inconveniente que presentan los robots equipados con bandas sinfín y ventosas unidas a las mismas es la dificultad de efectuar virajes a causa de la resistencia que oponen las ventosas a patinar cuando están acopladas a la superficie.

La solicitud de patente US-A-5.468.099 describe también las bandas de rodadura sinfín de tipo "oruga" (correas de transmisión) antes mencionadas provistas de ventosas. Como una realización alternativa, dicha solicitud de patente de Estados Unidos describe una máquina de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1, que incluye un marco de soporte periférico que se soporta en la superficie por cuatro conjuntos de ventosas variables en altura. Cada conjunto de ventosa tiene un servomotor que puede mover las patas hacia arriba o hacia abajo (eje Z). La máquina incluye también una plataforma montada en el marco para girar alrededor de un eje vertical. La máquina incluye además una gran abertura cuadrada en el medio de la plataforma. A lo largo de los lados opuestos de la abertura existen correderas que soportan un carro intermedio. La expresión carro intermedio incluye un carro interno que a su vez tiene un cabezal de taladrado que está montado para pivotar sobre al menos un eje horizontal y, también preferiblemente, sobre un segundo eje normal. El movimiento del cabezal de taladrado representa, en términos generales, el movimiento de un marco giratorio dentro de un marco deslizante, que también se conoce a partir de la solicitud de patente DE4237773A1. Para ello, el documento DE4237773A1 describe un robot caminante que comprende un miembro alargado en X y un miembro alargado en Y para mover el cuerpo móvil en la dirección X y en la dirección Y. Siendo ambos miembros alargados capaces de extenderse y acortarse en longitud en una dirección Z perpendicular a las direcciones X e Y.

La patente US-A-6105695 describe un robot trepador previsto para tareas de detección de desperfectos e inspección de reparaciones en aeronaves, aunque también es aplicable al manejo de materiales peligrosos, tales como tóxicos y explosivos. Este robot incorpora un sistema de locomoción por pasos que comprende una plataforma, un primer conjunto de patas montado de manera desplazable linealmente respecto a la plataforma y provisto de un primer dispositivo de acoplamiento por succión adaptado para acoplar intermitentemente dicho primer conjunto de patas a la superficie de trabajo, y un segundo conjunto de patas montado de manera giratoria y desplazable linealmente respecto a la plataforma y provisto de un segundo dispositivo de acoplamiento por succión adaptado para acoplar intermitentemente dicho segundo conjunto de patas a la superficie de trabajo. Cada pata del primer y segundo conjuntos de patas está montada de manera extensible hacia la superficie de trabajo, y retraíble de la misma. El robot incluye medios de accionamiento para mover los conjuntos de patas respecto a la plataforma y medios de activación conectados a una fuente de aspiración para activar selectivamente dichos primer y segundo dispositivos de acoplamiento por succión, cada uno de los cuales comprende una o más ventosas. El robot incluye medios de control adaptados para controlar el funcionamiento de los medios de activación y de los medios de accionamiento de manera coordinada para desplazar la plataforma en cualquier dirección sobre la superficie de trabajo. El sistema de

locomoción es el siguiente. Cuando las ventosas, supongamos, del primer conjunto de patas están acopladas a la superficie de trabajo, el segundo conjunto de patas se desacopla, se retrae y se desplaza linealmente respecto a la plataforma. Entonces, el segundo conjunto de patas se extiende y sus ventosas se acoplan a la superficie de trabajo. A continuación, las ventosas del primer conjunto de patas se desacoplan, el primer conjunto de patas se retrae y se desplaza linealmente respecto a la plataforma, y seguidamente el primer conjunto de patas se extiende y sus ventosas se acoplan a la superficie de trabajo, completando con ello un paso y dejando el robot preparado para el paso siguiente que es una repetición del anterior. Los virajes se efectúan girando el segundo conjunto de patas respecto a la plataforma cuando las ventosas de un único conjunto de patas están acopladas a la superficie de trabajo.

El sistema de locomoción por pasos descrito en la citada patente US-A-6105695 tiene un precedente en una plataforma "caminadora" utilizable para desplazar grandes cargas por un suelo plano, descrito en la patente US-A-4321976.

Sin embargo, la citada patente US-A-6105695, no describe ningún sistema específico para nivelar la plataforma del robot en relación con una superficie de trabajo que es curvada, ni para posicionar con precisión una unidad de trabajo llevada por el robot en relación con un sitio de operación en un lugar de trabajo sobre dicha superficie de trabajo curvada.

En la industria de la construcción aeronáutica existe la necesidad de disponer de robots capaces de trepar sobre superficies de un fuselaje o parte de un fuselaje, u otras partes de una aeronave en construcción para realizar trabajos sobre las mismas. Uno de los trabajos a realizar habitualmente consiste en unir dos o más paneles parcialmente superpuestos mediante remaches, lo que implica realizar en primer lugar unos taladros, posiblemente escariados y avellanados, y después insertar y fijar los remaches en los taladros. Este trabajo requiere disponer de al menos de un cabezal de taladrado y un cabezal de colocación y fijación de remaches. Estos cabezales, en el momento de efectuar el trabajo, deben estar lo más perpendiculares posible al sitio de la superficie de trabajo donde se requiere efectuar la operación. En una superficie de trabajo curvada en una, dos o más direcciones, la posición de los cabezales de trabajo debe ser perpendicular a un plano tangente a la superficie de trabajo en el sitio de operación.

La presente invención tiene por objeto contribuir a satisfacer la mencionada necesidad de la industria de la construcción aeronáutica, así como otras necesidades en el campo de la aeronáutica y otros campos en los que sea preciso realizar trabajos en lugares de difícil acceso o en entornos peligrosos.

Descripción de la invención

De acuerdo con un aspecto inicial, la presente invención se define en la reivindicación 1 y aporta un robot trepador equipado con una unidad de trabajo del tipo que comprende un chasis, en el que una base imaginaria está referenciada con tres ejes coordenados X, Y, Z, en el que el eje X está alineado con una dirección de avance de dicho chasis y el eje Z está dirigido hacia una superficie de trabajo sobre la que se desplaza el robot; un primer conjunto de patas montado de manera desplazable linealmente en la dirección del eje X respecto al chasis y provisto de un primer dispositivo de acoplamiento por succión adaptado para acoplar intermitentemente dicho primer conjunto de patas a la superficie de trabajo, estando cada pata del primer conjunto de patas montada de manera extensible en la dirección del eje Z hacia la superficie de trabajo, y retraíble de la misma, respecto al chasis y un segundo conjunto de patas montado de manera giratoria alrededor de un eje Z respecto al chasis y provisto de un segundo dispositivo de acoplamiento por succión adaptado para acoplar intermitentemente dicho segundo conjunto de patas a la superficie de trabajo. El robot incluye primeros y segundos medios de activación conectados a una fuente de aspiración para activar selectivamente dichos primer y segundo dispositivos de acoplamiento por succión; primeros medios de accionamiento para desplazar linealmente el primer conjunto de patas respecto al chasis; segundos medios de accionamiento para accionar individualmente una extensión o retracción de cada pata del primer conjunto de patas respecto al chasis; y terceros medios de accionamiento para hacer girar el segundo conjunto de patas respecto al chasis. El robot incluye medios de control adaptados para controlar el funcionamiento de dichos primeros y segundos medios de activación y dichos primeros, segundos y terceros medios de accionamiento de manera coordinada para desplazar el chasis en cualquier dirección sobre la superficie de trabajo. El robot trepador de la presente invención está caracterizado porque cada uno de dichos primeros dispositivos de acoplamiento por succión comprende al menos dos ventosas montadas sobre un soporte basculante unido articuladamente a un extremo de la correspondiente pata del primer conjunto de patas de manera que puede bascular libremente respecto a un eje paralelo al eje Y; a cada soporte basculante está unido un pie situado entre dichas dos ventosas y configurado y dispuesto para apoyarse sobre la superficie de trabajo cuando las dos ventosas están acopladas a la superficie de trabajo. Al menos unos primer y segundo elementos sensores están dispuestos respectivamente en unos primer y segundo puntos separados del chasis para detectar la distancia en la dirección del eje Z desde cada uno de dichos primer y segundo puntos del chasis a la superficie de trabajo y enviar unas señales representativas de dichas distancias a dichos medios de control. Sobre el chasis está instalado un dispositivo de soporte móvil que soporta una unidad de trabajo provista de un cabezal dispuesto para trabajar en la superficie de trabajo a través de una abertura existente en el chasis, incluyendo dicho dispositivo de soporte móvil medios de guía y medios de accionamiento para desplazar al menos dicho cabezal en las direcciones de los tres ejes coordenados

X, Y, Z y pivotar el cabezal alrededor de dos ejes X, Y dentro de la abertura.

Esta construcción permite al robot desplazarse sobre la superficie de trabajo en cualquier dirección para dirigirse hacia y posicionarse en un lugar de trabajo predeterminado, nivelar el chasis en relación con la superficie de trabajo y afianzarse en dicho lugar de trabajo con el chasis nivelado acoplando las ventosas de todas las patas a la superficie de trabajo. Una vez el robot está posicionado, nivelado y afianzado en el lugar de trabajo sobre la superficie de trabajo, el dispositivo de soporte móvil puede posicionar el cabezal con precisión para realizar el trabajo requerido o algunas etapas del trabajo requerido en un sitio de operación comprendido en el lugar de trabajo. Eventualmente, el robot puede actuar en varios sitios de operación comprendidos en un mismo lugar de trabajo simplemente desplazando y/o pivotando el cabezal respecto al chasis sin necesidad de mover el chasis en relación con la superficie de trabajo.

Para el guiado del robot en sus desplazamientos sobre la superficie de trabajo, en el chasis y/o en el dispositivo de soporte móvil que soporta la unidad de trabajo está instalado un receptor-emisor en comunicación con varios "satélites" emisores situados, por ejemplo, en el interior de una nave y que forman parte de un sistema de posicionamiento global de interior (Indoor GPS). El mencionado receptor-emisor está adaptado para recibir señales procedentes de los "satélites" emisores y enviar unas señales representativas de la posición del receptor-emisor en relación con dicho sistema de posicionamiento global de interior a dichos medios de control. Los medios de control efectúan un guiado de los desplazamientos del robot sobre la superficie de trabajo en función de las señales de posición recibidas del receptor-emisor. Adicionalmente o alternativamente, sobre la superficie de trabajo están dispuestas una pluralidad de marcas y en el chasis, y/o en el dispositivo de soporte móvil que soporta la unidad de trabajo, está instalado un dispositivo de detección de tales marcas en comunicación con dichos medios de control para efectuar un seguimiento de las marcas sobre la superficie de trabajo. Las marcas pueden ser, por ejemplo, marcas ópticas o marcas magnéticas, entre otras, y el dispositivo de detección puede comprender un sistema de visión artificial o detectores magnéticos, entre otros.

En un ejemplo de realización, el robot está conectado con varias fuentes de suministro y/o dispositivos de control remotos a través de una manguera umbilical, aunque no se descarta que el robot pueda ser completamente autónomo, para lo cual estaría equipado con baterías de suministro eléctrico, equipo generador de aspiración y medios de comunicación inalámbricos.

Con el objetivo de que el robot se adapte mejor para circular firmemente sobre una superficie de trabajo curvada con el mayor grado de afianzamiento de las ventosas, se proponen además ciertas mejoras en los mecanismos de fijación de dichas ventosas, que se fijan de forma articulada a dicho soporte basculante de cada uno de dichos primeros dispositivos de acoplamiento por succión, de modo que pueden hacerse bascular libre e independientemente con respecto al soporte basculante, con al menos un primer grado de libertad alrededor de un primer eje.

Dichas ventosas se fijan de forma articulada a dicho primer soporte de cada uno de dichos primeros dispositivos de acoplamiento por succión, de modo que pueden hacerse bascular libre e independientemente con respecto al soporte basculante, con al menos un segundo grado de libertad alrededor de un segundo eje.

El segundo eje es perpendicular al primer eje, que es paralelo al eje Y, cuando la ventosa con la que está asociado está en una posición no basculante con respecto al segundo eje.

Cada una de las ventosas se fija por medio de su extremo superior a un apéndice de soporte, parte del cual se encuentra ubicada dentro en un marco introducido en una cavidad de dicho soporte basculante, y unida a dicho marco por medio de dicho primer eje, que emerge desde dicha pieza de soporte y se dispone perpendicularmente y se fija por medio de sus extremos a las respectivas paredes de dicho marco, para permitir el basculamiento de la pieza de soporte y, con ello, el basculamiento de la ventosa, con respecto al marco alrededor del primer eje.

Dicho marco se fija a dicho soporte basculante por medio de dicho segundo eje, que se dispone perpendicularmente y se fija por medio de sus extremos a las respectivas paredes de dicho soporte basculante que demarcan dicha cavidad, de tal manera que permite el basculamiento del marco y, con ello, el basculamiento de la ventosa, con respecto al miembro de soporte alrededor del segundo eje.

También, se ha realizado la provisión de al menos un elemento de muelle fijado por medio de un extremo al marco y por medio del otro a la pared que demarca el soporte basculante, de modo que el elemento de muelle puede actuar contra el movimiento basculante en una dirección del marco con respecto al segundo eje.

Con respecto al segundo conjunto de patas, que incluye una pluralidad de ventosas de dichos segundos dispositivos de acoplamiento por succión, dichas ventosas se encuentran en pares en varios bloques unidos a dicho soporte anular giratorio.

Cada uno de dichos bloques comprende una primera pieza firmemente unida al soporte anular giratorio, y una segunda pieza, a la que se fijan dos de dichas ventosas, de tal manera que puede bascular libremente con respecto

a un tercer eje contenido en un plano paralelo a aquél del soporte anular giratorio.

Adicionalmente, cada uno de dichos bloques comprende dos terceras piezas, cada una de ellas fijada a un extremo superior de una ventosa respectiva por medio de su extremo superior, estando cada par de dichas terceras piezas fijadas de forma articulada, libre e independientemente con respecto a la segunda pieza, con al menos un primer grado de libertad alrededor de un cuarto eje perpendicular a dicho tercer eje.

Cada una de tales ventosas se fija de forma articulada a una de dichas terceras piezas por medio de un quinto eje perpendicular al cuarto eje.

La disposición que se describe facilita la articulación de las ventosas del primer y segundo conjuntos de patas, de modo que se pueden ubicar orientadas hacia la superficie de trabajo, con lo que se consigue mayor eficacia al desplazar el robot.

De acuerdo con un segundo aspecto, la presente invención proporciona un equipo de robots trepadores, en el que dicho equipo incluye una pluralidad de robots trepadores equipados con una unidad de trabajo de acuerdo con el primer aspecto de la invención. El equipo de robots trepadores de la presente invención está caracterizado porque comprende al menos un primer robot equipado con una primera unidad de trabajo adaptada para efectuar una o más etapas precedentes de un trabajo y un segundo robot equipado con una segunda unidad de trabajo adaptada para efectuar una o más etapas subsiguientes de dicho trabajo, estando dichos medios de control adaptados para desplazar dicho primer robot hasta un lugar de trabajo predeterminado, o consecutivamente hasta varios lugares de trabajo predeterminados sobre la superficie de trabajo y efectuar en uno o más sitios de operación comprendidos en cada uno de dichos lugares de trabajo las mencionadas una o más etapas precedentes y desplazar subsiguientemente dicho segundo robot hasta el mismo lugar de trabajo o hasta los mismos lugares de trabajo y efectuar en dichos uno o más sitios de operación comprendidos en cada uno de los lugares de trabajo dichas una o más etapas subsiguientes.

Una ventaja del equipo de robots trepadores de la presente invención es que cada robot del equipo puede llevar un cabezal altamente especializado en una de las varias tareas o etapas que componen un trabajo. Además, con esta construcción, cada robot individual del equipo es más ligero de lo que sería un único robot provisto de varios cabezales. Obviamente, la ligereza es una característica altamente apreciada en un robot trepador provisto de dispositivos de acoplamiento a la superficie de trabajo por succión. Ventajosamente, todos los robots del equipo pueden ser iguales en cuanto a chasis, sistema de locomoción, sistema de soporte móvil para la unidad de trabajo, sistema de comunicaciones, sistema de guiado, medios de control, etc., y diferir sólo en cuanto a las características de la unidad de trabajo instalada en cada uno. De hecho, las diferentes unidades de trabajo pueden ser intercambiables entre los varios robots, o incluso puede haber disponibles un número reducido de robots y un número mayor de unidades de trabajo para diferentes trabajos, e instalar sólo las unidades requeridas para realizar las diferentes etapas de un trabajo en particular sobre los robots que sean necesarios.

A modo de ejemplo, un trabajo habitual en la industria de la construcción aeronáutica consiste en unir dos o más paneles parcialmente superpuestos mediante remaches para formar el fuselaje u otras partes de una aeronave. Para realizar este trabajo de unir paneles mediante remaches el equipo de la presente invención está formado por dos robots trepadores. Un primer robot lleva una primera unidad de trabajo equipada con un cabezal de taladrado, escariado y avellanado, y un segundo robot lleva una segunda unidad de trabajo equipada con un cabezal de colocación y fijación de remaches. Preferiblemente, la primera unidad de trabajo del primer robot comprende además un dispositivo de aspiración de virutas para aspirar virutas producidas por dicho cabezal de taladrado, escariado y avellanado y un dispositivo para detectar el grosor del material a taladrar y/o detectar una distancia entre el cabezal de taladrado, escariado y avellanado y la superficie de trabajo en el sitio de operación para determinar la distancia que debe avanzar el cabezal contra la superficie de trabajo para efectuar cada operación. Preferiblemente, la segunda unidad de trabajo del segundo robot comprende además un dispositivo de aplicación de material de sellado para aplicar un material de sellado al taladro efectuado por el primer robot antes de la colocación de un remache en dicho taladro.

Breve descripción de las figuras

Las anteriores y otras características y ventajas se comprenderán más plenamente a partir de la siguiente descripción detallada de unos ejemplos de realización con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

La Figura 1 es una vista en planta de un robot trepador equipado con una unidad de trabajo de acuerdo con un ejemplo de realización de la presente invención;

La Figura 2 es una vista en planta del robot trepador de la Figura 1 sin la unidad de trabajo para mostrar mejor la estructura del chasis y el sistema de locomoción;

La Figura 3 es una vista ampliada de un detalle en alzado lateral de una pata provista de un dispositivo de acoplamiento por succión;

La Figura 4 es una vista ampliada de un detalle en planta que ilustra el montaje de una pata.

Las Figuras 5A a 5G son vistas en alzado lateral del robot trepador de la Figura 1 en diferentes posiciones

que ilustran ciertos movimientos de locomoción y nivelación;

La Figura 6 es una vista esquemática en sección transversal que muestra el robot trepador a punto de realizar una operación de trabajo;

La Figura 7 es una vista esquemática en sección transversal que muestra el robot trepador realizando una operación de trabajo; y

La Figura 8a es una vista en elevación frontal en sección transversal parcial de un primer conjunto de patas del robot propuesto por la presente invención para un ejemplo de realización, en una posición retraíble en la dirección del eje Z;

La Figura 8b es una vista en sección transversal parcial de un primer conjunto de patas del robot propuesto por la presente invención para el mismo ejemplo de realización de la Figura 8a pero en una posición en la que las ventosas se extienden y acoplan a una superficie de trabajo curvada;

La Figura 9a es una vista frontal en sección transversal parcial del primer conjunto de patas ilustrado por la Figura 8a;

La Figura 9b es otra vista en elevación lateral en sección transversal parcial del primer conjunto de patas ilustrado por la Figura 8b;

La Figura 10a es una vista en perspectiva del segundo conjunto de patas del robot propuesto por la presente invención para un ejemplo de realización en una posición de desacople de las ventosas; y

La Figura 10b es una vista en perspectiva del segundo conjunto de patas del robot propuesto por la presente invención para el mismo ejemplo de realización de la Figura 10a, en una posición de acople de las ventosas sobre una superficie de trabajo curvada.

Descripción detallada de un ejemplo de realización

Haciendo referencia a las figuras, de acuerdo con un ejemplo de realización de la presente invención, el robot trepador comprende un chasis 1 equipado con un sistema de locomoción para desplazarse sobre una superficie de trabajo S (Figuras 5 a 7) y adaptado para llevar una unidad de trabajo 44 provista de un cabezal 19 dispuesto para trabajar en dicha superficie de trabajo S. Con respecto al mencionado chasis 1, y sólo con el propósito de facilitar la siguiente descripción, se ha establecido un sistema de referencias imaginario en base a tres ejes coordenados X, Y, Z, en el que el eje X está alineado con una dirección de avance de dicho chasis 1 y el eje Z está dirigido hacia la superficie de trabajo S sobre la que se desplaza el robot. Hay que señalar que los mencionados ejes coordenados X, Y, Z están exclusivamente asociados al chasis 1 y cambian de posición junto con el chasis 1. Si el robot trepador estuviera dispuesto sobre una superficie de trabajo plana, los ejes X e Y serían paralelos a dicha superficie de trabajo plana y el eje Z sería perpendicular a la superficie de trabajo plana. Sin embargo, en las Figuras 5A a 5G se muestra el robot 5 trepador dispuesto sobre una superficie de trabajo S curvada con el propósito de ilustrar las adaptaciones que el robot incorpora para desplazarse y trabajar sobre una superficie curvada. Aunque para una mayor simplicidad del dibujo la superficie de trabajo S ilustrada está curvada en una dirección, el robot trepador de la presente invención está adaptado para desplazarse asimismo sobre superficies curvadas en múltiples direcciones, tales como, por ejemplo, las superficies que se encuentran en los fuselajes y otras partes de las aeronaves. Dado que el sistema de locomoción del robot trepador de la presente invención incluye, tal como se verá más abajo, unos dispositivos de acoplamiento por succión basados en ventosas para sujetarse a la superficie de trabajo sea cual sea la orientación de la misma, la superficie de trabajo S debe, por tanto, ser substancialmente lisa.

Tal como se muestra mejor en la Figura 2, el chasis 1 es en la forma de una placa aproximadamente rectangular provista de una amplia abertura 12 en su parte media. En dos lados opuestos del chasis 1 está dispuesto un primer conjunto de patas 2a, 2b que incluye un subconjunto de patas delanteras 2a y un subconjunto de patas traseras 2b. Alrededor de la mencionada abertura 12 está dispuesto un segundo conjunto de patas 4. El mencionado primer conjunto de patas 2a, 2b está montado de manera desplazable linealmente en la dirección del eje X respecto al chasis 1 y cada pata 2a, 2b del primer conjunto de patas 2a, 2b está montada de manera extensible y retraíble en la dirección del eje Z respecto al chasis 1. El segundo conjunto de patas 4 está montado de manera giratoria alrededor de un eje paralelo al eje Z respecto al chasis 1. Los primer y segundo conjuntos de patas 2a, 2b, y 4 están provistos respectivamente de unos primer y segundo dispositivos de acoplamiento por succión 3, 5 adaptados para acoplar intermitentemente dichos primer y segundo conjuntos de patas 2a, 2b y 4 a la superficie de trabajo S.

El subconjunto de patas delanteras 2a comprende dos patas, una a cada lado del chasis 1 y el subconjunto traseras 2b comprende otras dos patas, una a cada lado del chasis 1. La pata delantera 2a y la pata trasera 2b situadas en un mismo lado del chasis 1 están montadas sobre un soporte deslizante 20 acoplado al chasis 1 mediante un dispositivo de guía lineal 21 dispuesto en la dirección del eje X (Figuras 3 y 5A a 5G). Cada soporte deslizante 20 está unido a un par de correderas acopladas al correspondiente dispositivo de guía lineal 21 y conectado a un actuador lineal 22. En el ejemplo de realización ilustrado, las mencionadas correderas 28 son patines de bolas recirculantes y los actuadores lineales 22 son husillos de bolas accionados por respectivos servomotores eléctricos 29 para extender o retraer unos vástagos 39 (Figuras 1 y 2). Con esta construcción, las patas delantera y trasera 2a, 2b situadas en un mismo lado del chasis 1 pueden ser desplazadas conjuntamente respecto al chasis 1 en virtud de una activación del correspondiente servomotor eléctrico 29, y en general ambos servomotores eléctricos 29 están controlados por unos medios de control de manera tal que las cuatro patas 2a, 2b son desplazadas conjuntamente respecto al chasis 1 como si los dos soportes deslizantes 20 estuvieran unidos. Obviamente, un único soporte deslizante sobre el que estuvieran montadas las cuatro patas 2a, 2b sería una construcción equivalente.

El dicho primer dispositivo de acoplamiento por succión 3 asociado al primer conjunto de patas 2a, 2b comprende al menos dos ventosas 6 para cada una de las patas delanteras y traseras 2a, 2b. Aunque, para una mayor claridad, en la Figura 3 se muestra ampliada una de las patas delanteras 2a, hay que tener en cuenta que la construcción de las patas traseras 2b es substancialmente la misma que la de las patas delanteras 2a.

Tal como se puede apreciar en la Figura 3, cada una de las patas delanteras y traseras 2a, 2b comprende en su extremo un soporte móvil 23 (mostrado en líneas de trazos en la Figura 3) acoplado al chasis 1 mediante un dispositivo de guía lineal 24 dispuesto en la dirección del eje Z y conectado a un actuador lineal 25. Las correspondientes dos ventosas 6 están montadas sobre un soporte basculante 7 y se unen articuladamente a dicho soporte móvil 23 por medio de un eje 8 paralelo al eje X, Y, de manera que el soporte basculante 7 puede bascular libremente respecto a dicho eje 8 paralelo al eje Y (por ejemplo un ángulo α como puede observarse en la Figura 9b). En el ejemplo de realización ilustrado, cada dispositivo de guía lineal 24 comprende un par de manguitos de guía 40 fijados al soporte deslizante 20 y respectivas columnas de guía 30 fijadas al soporte móvil 23 e insertadas de manera deslizante en dichos manguitos de guía 40. El actuador lineal 25 comprende un husillo de bolas accionado por medios de control para extender o retraer un vástago 41. Los cuatro servomotores eléctricos 31 pueden ser activados independientemente bajo el control de los medios de control para extender las ventosas 6 de cada pata hacia la superficie de trabajo S o para retraerlas, y las dos ventosas 6 de cada pata delantera y trasera 2a, 2b se adaptan automáticamente a la curvatura de la superficie de trabajo S en virtud del libre giro del soporte basculante 7 alrededor del eje 8.

Cada una de las patas delanteras y traseras 2a, 2b incluye un pie 9 unido al correspondiente soporte basculante 7 mediante una articulación alrededor de un eje 15 paralelo al eje X (Figura 3). El mencionado pie 9 está situado entre las dos ventosas 6 de la pata y configurado y dispuesto para apoyarse sobre la superficie de trabajo S cuando las dos ventosas 6 de la pata están en contacto y acopladas a la superficie de trabajo S (Figuras 5B-5F). Cada uno de dichos pies 9 lleva un sensor de contacto 16, por ejemplo, en la forma de un micro-conmutador provisto de un botón capaz de ser presionado por la superficie de trabajo S cuando el pie 9 hace contacto con la superficie de trabajo S y de enviar una señal a los medios de control representativa de la existencia o no de contacto entre el pie 9 y la superficie de trabajo S.

Además, las patas delanteras 2a están montadas sobre unos respectivos dispositivos de guía 13 (mostrados mejor en la Figura 4) para permitir un desplazamiento lineal de cada pata delantera 2a en la dirección del eje X respecto al correspondiente soporte deslizante 20, y por consiguiente, respecto a la correspondiente pata trasera 2b fijada al mismo soporte deslizante 20. El dispositivo de guía 13 comprende una barra 42 unida al soporte deslizante 20 e insertada de manera deslizante en unos agujeros provistos en la estructura de la pata delantera 2a. Miembros elásticos 14 están dispuestos alrededor de la barra 42 para empujar cada pata 2a en direcciones opuestas hacia una zona media de dicho dispositivo de guía 13. Los mencionados desplazamientos de las patas 2a sobre sus dispositivos de guía 13 se realizan libremente contra la fuerza de dichos miembros elásticos 14.

Con referencia de nuevo a la Figura 2, el segundo dispositivo de acoplamiento por succión 5 asociado al segundo conjunto de patas 4 comprende una pluralidad de ventosas 17 instaladas por parejas en varios bloques 32 fijados a un soporte anular giratorio (mostrado en líneas de trazos en la Figura 2) unido al chasis 1 mediante un dispositivo de guía giratorio (no mostrado), tal como, por ejemplo, un rodamiento de bolas o rodillos de gran diámetro y pequeña sección transversal. El soporte anular giratorio 18 está conectado a un servomotor eléctrico 27 controlado por los medios de control para hacer girar el segundo conjunto de patas 4 respecto al chasis 1 alrededor de un eje paralelo al eje Z bajo el control de los medios de control. En el ejemplo de realización ilustrado, el soporte anular giratorio 18 está asociado a una corona dentada 33 engranada con una rueda dentada 26 (mostrada esquemáticamente en líneas de trazos en la Figura 2) acoplada a un eje de salida de dicho servomotor eléctrico 27 o de un reductor acoplado al servomotor eléctrico 27. El soporte anular giratorio 18 y dicho dispositivo de guía giratorio tienen unas respectivas aberturas centrales dimensionadas y dispuestas para abarcar en su interior la abertura 12 existente en el chasis 1. Obsérvese que las patas del segundo conjunto de patas 4 no están dotadas de posibilidad de desplazamiento en la dirección del eje Z respecto al chasis 1. En la práctica, las patas del segundo conjunto de patas 4 pueden ser separadas de la superficie de soporte S por una extensión de las patas del primer conjunto de patas 2a, 2b capaz de separar suficientemente el chasis 1 de la superficie de trabajo S, tal como se explicará en mayor detalle más abajo.

Todas las ventosas 6 y 17 que forman parte de los primer y segundo dispositivos de acoplamiento por succión 3, 5, respectivamente, están conectadas a una fuente de aspiración a través de un sistema de canales y tubos (no mostrados), y el robot trepador incluye unos primeros y segundos medios de activación, tales como, por ejemplo, un juego de válvulas (no mostradas), asociados a dicho sistema de canales y tubos conectados a dicha fuente de aspiración para activar y desactivar selectiva e intermitentemente los primer y segundo dispositivos de acoplamiento por succión 3, 5 bajo el control de los medios de control. Así, los medios de control son capaces de controlar el funcionamiento de los servomotores eléctricos 27, 29 y 31 y de dichos primeros y segundos medios de activación de las ventosas 6, 17 de manera coordinada para desplazar el chasis 1 en cualquier dirección sobre la superficie de trabajo S mediante una técnica de locomoción que será descrita a más abajo en relación con las Figuras 5A a 5G. Preferiblemente, la fuente de aspiración, una fuente de suministro eléctrico, al menos parte de los medios de control y otras fuentes de suministro relacionadas con la unidad de trabajo 44 están situados en un lugar alejado del robot y

conectadas con el mismo a través de una manguera umbilical. Sin embargo, está previsto que el robot pueda ser completamente autónomo mediante la incorporación de baterías de suministro eléctrico, equipo generador de aspiración y medios de comunicación sin hilos al robot.

- 5 En el chasis 1, o en un dispositivo de soporte móvil 43 que soporta la mencionada unidad de trabajo 44, o en ambos sitios, está instalado un dispositivo de detección de marcas en comunicación con dichos medios de control para efectuar un seguimiento de unas marcas dispuestas previamente sobre la superficie de trabajo S. Las marcas pueden ser, por ejemplo, marcas ópticas o marcas magnéticas, entre otras, y el dispositivo de detección puede comprender un sistema de visión artificial o detectores magnéticos, entre otros, capaces de detectar las marcas y
- 10 enviar señales representativas de la posición del robot en relación con las marcas a los medios de control, los cuales están programados para ordenar correcciones de rumbo necesarias para dirigir el robot a unos sitios de trabajo predeterminados sobre la superficie de soporte S en función de las señales recibidas del dispositivo de detección de marcas. Además, en el chasis 1 y/o en dicho dispositivo de soporte móvil 43 que soporta dicha unidad de trabajo 44 está instalado un receptor-emisor (no mostrado) en comunicación con un sistema de posicionamiento global de interior (Indoor GPS). Este receptor-emisor está adaptado para enviar unas señales representativas de la posición del receptor-emisor en relación con dicho sistema de posicionamiento global de interior a dichos medios de control para un guiado de los desplazamientos del chasis 1 sobre la superficie de trabajo S.

20 El dispositivo de detección de marcas y el sistema de posicionamiento global de interior cooperan para el guiado del robot y su posicionamiento en diferentes lugares de trabajo. Sin embargo, el dispositivo de detección de marcas y el sistema de posicionamiento global de interior no proporcionan una precisión suficiente para efectuar los trabajos con la precisión requerida en unos sitios de operación predeterminados. Para afinar la precisión en el posicionamiento, el robot trepador de la presente invención incorpora el mencionado dispositivo de soporte móvil 43 para soportar la unidad de trabajo 44.

25 Tal como se muestra en las Figuras 1 y 6, el dispositivo de soporte móvil 43 sobre el que está soportada la unidad de trabajo 44 está instalado sobre el chasis 1 de manera que el cabezal está dispuesto para trabajar en la superficie de trabajo S a través de la mencionada abertura 12 existente en el chasis 1. Este dispositivo de soporte móvil 43 incluye una base 34 adaptada para ser fijada al chasis 1. Dicha base 34 lleva unos medios de guía lineal 36

30 dispuestos en la dirección del eje X. Un primer carro 35 está provisto de unas correderas 45 acopladas de manera deslizante a dichos medios de guía lineal 36 unidos a la base 34. Este primer carro lleva unos medios de guía lineal 38 dispuestos en la dirección del eje Y. Un segundo carro 37 está provisto de unas correderas 46 acopladas de manera deslizante a dichos medios de guía lineal 38 unidos al primer carro 35. Unos medios de accionamiento basados en servomotores eléctricos (no mostrados) están conectados a los primer y segundo carros 35, 37 para

35 desplazar el cabezal 19 en las direcciones de los ejes X e Y dentro de la abertura 12.

El cabezal 19 está montado en un soporte 47 provisto de unas correderas 48 acopladas de manera deslizante en una guías 49 fijadas al segundo carro 37 y dispuestas en una dirección paralela al eje Z, o en una dirección que, cuando el cabezal 19 está en una posición perpendicular al chasis 1, es paralela o está alineada con el eje Z. Con

40 ello, el cabezal 19 puede efectuar desplazamientos de trabajo hacia la superficie de trabajo S o separarse de la misma por el accionamiento de un correspondiente servomotor eléctrico (no mostrado) bajo control de los medios de control. Además, El cabezal 19 está montado sobre el segundo carro 37 de manera que puede pivotar alrededor de dos ejes paralelos a los ejes X, Y dentro de la abertura 12 por el accionamiento de unos servomotores eléctricos (no mostrados) bajo el control de los medios de control. En la Figura 6 es visible sólo uno de dichos ejes paralelos a los

45 eje X, Y, específicamente un eje 50 paralelo al eje Y.

La base 34 y los primer y segundo carros 35, 37 están provistos de respectivas aberturas 51, 52, 53 mutuamente superpuestas y superpuestas a la abertura 12 del chasis 1, y están configuradas y dimensionadas para permitir unos desplazamientos del cabezal 19 en las direcciones de los ejes X, Y dentro de la abertura 12 suficientemente amplios

50 como para permitir efectuar trabajos en uno o más puntos o sitios de operación diferentes en la superficie de trabajo S sin necesidad de efectuar desplazamientos del chasis 1 en relación con la superficie de trabajo S una vez el robot ha sido dispuesto e inmovilizado en un lugar de trabajo. En un ejemplo de realización del robot trepador de la presente invención como el mostrado en las figuras, el dispositivo de soporte móvil 43 y sus medios de accionamiento están adaptados para desplazar el cabezal 19 hasta 300 mm en la dirección X y hasta 150 mm en la

55 dirección Y en relación con el chasis 1, y para posicionar un eje de trabajo del cabezal 19 en relación con un sitio de operación en la superficie de trabajo S con una precisión de $\pm 0,1$ mm o superior en las direcciones de los eje X, Y, Z y para inclinar dicho eje de trabajo del cabezal 19 respecto al eje Z en relación con el chasis 1 con una precisión de $\pm 40^\circ$ o superior.

60 Con relación a las Figuras 5A a 5G se describe a continuación una secuencia de pasos que ilustra el funcionamiento del sistema de locomoción del robot trepador de la presente invención.

De acuerdo con la Figura 5A, en este ejemplo la secuencia se inicia con el chasis 1 inmovilizado por las ventosas 17 del segundo dispositivo de acoplamiento por succión del segundo conjunto de patas 4 acopladas a la superficie de

65 trabajo 1. Las patas delanteras y traseras 2a, 2b del primer conjunto de patas 2a, 2b están retraídas de manera que las respectivas ventosas 6 están separadas de la superficie de trabajo S, y en consecuencia los pies 9 también

están separados de la superficie de trabajo S.

A continuación, tal como se muestra en la Figura 5B, las patas delanteras y traseras 2a, 2b del primer conjunto de patas 2a, 2b son extendidas hasta que las correspondientes ventosas 6 hacen contacto con la superficie de trabajo S y el primer dispositivo de acoplamiento por succión es activado para acoplar las ventosas 6 de las patas delanteras y traseras 2a, 2b a la superficie de trabajo S mientras las ventosas 17 del segundo conjunto de patas 4 permanecen acopladas a la superficie de trabajo. En esta posición, los pies 9 se apoyan sobre la superficie de trabajo. Se observará que el soporte basculante 7 de las patas delanteras 2a ha girado libremente sobre el eje 8 para adaptar su posición a la curvatura de la superficie de trabajo S.

Con relación a la Figura 5C, el siguiente paso comprende desactivar el segundo dispositivo de acoplamiento por succión del segundo conjunto de patas 4 para desacoplar las correspondientes ventosas 17 de la superficie de trabajo S y entonces extender las patas delanteras y trasera 2a, 2b del primer conjunto de patas 2a, 2b para levantar el chasis 1 y con ello separar las ventosas 17 del segundo conjunto de patas 4 de la superficie de trabajo S mientras las ventosas 6 del primer conjunto de patas 2a, 2b permanecen acopladas a la superficie de trabajo S.

Seguidamente, como se muestra en la Figura 5D, los actuadores lineales son activados para desplazar los soportes desplazables 20 respecto al chasis 1 en la dirección del eje X. Debido a que las ventosas 6 del primer conjunto de patas 2a, 2b están acopladas a la superficie de trabajo S, el resultado es un desplazamiento del chasis 1 en relación con los soportes desplazables 20 y en relación con la superficie de trabajo S. En unos primer y segundo puntos separados del chasis 1 están dispuestos respectivamente al menos unos primer y segundo elementos sensores 10, 11 adaptados para detectar la distancia en la dirección del eje Z desde cada uno de dichos primer y segundo puntos del chasis 1 a la superficie de trabajo S y enviar unas señales representativas de dichas distancias a dichos medios de control. En respuesta a dichas señales recibidas de dichos primer y segundo elementos sensores 10, 11, los medios de control están adaptados para controlar el funcionamiento de los actuadores lineales 25 de los segundos medios de accionamiento para extender o retraer individualmente cada una de las patas delanteras y traseras 2a, 2b en un grado suficiente para efectuar una nivelación del chasis 1 en relación con la superficie de trabajo S.

En la Figura 5E se muestra el robot trepador con el chasis 1 en una posición nivelada como resultado del accionamiento de los actuadores lineales 25 de acuerdo con las señales recibidas de los primer y segundo elementos sensores 10, 11. En esta posición, y suponiendo que los primer y segundo elementos sensores 10, 11 son equidistantes del eje del cabezal 19, las distancias medidas por los primer y segundo elementos sensores 10, 11 son iguales y el eje del cabezal 19 está en una posición perpendicular a la superficie de trabajo, o en otras palabras, perpendicular a un plano tangente a la superficie de trabajo S en el sitio de operación. En otro caso, las distancias medidas por los primer y segundo elementos sensores 10, 11 deben cumplir una relación predeterminada para asegurar la nivelación del chasis 1. Se observará que los soportes basculantes 7 de las patas delanteras y traseras 2a, 2b han pivotado sobre sus respectivos ejes 8 para permitir la nivelación del chasis. Al mismo tiempo, las patas delanteras 2a se han desplazado ligeramente en relación con las patas traseras 2b, para acomodar una variación en la distancia entre los subconjuntos de patas delanteras y traseras 2a, 2b producida a consecuencia de la nivelación del chasis 1 cuando las ventosas 6 de los primeros dispositivos de acoplamiento por succión 3 están acopladas a la superficie de trabajo S.

La Figura 5F ilustra el paso siguiente, el cual comprende accionar los actuadores lineales 25 para retraer las primera y segunda patas 2a, 2b unas distancias iguales hasta que las correspondientes ventosas 17 del segundo conjunto de patas 4 hacen contacto con la superficie de trabajo S y el segundo dispositivo de acoplamiento por succión es activado para acoplar las ventosas 17 del segundo conjunto de patas 4 a la superficie de trabajo mientras las ventosas 6 de las patas delanteras y traseras 2a, 2b permanecen acopladas a la superficie de trabajo S y manteniendo el chasis 1 en la posición previamente nivelada. Así, en la posición mostrada en la Figura 5F, los pies 9 están apoyados sobre la superficie de trabajo S mientras todas las ventosas 6, 17 de los primer y segundo conjuntos de patas 6, 17 están acopladas a la superficie de trabajo S, y el chasis 1 está nivelado en relación con la superficie de trabajo S. La posición mostrada en la Figura 5F es una posición adecuada para que la unidad de trabajo 44 realice una o más operaciones de trabajo en la superficie de trabajo S y es, por consiguiente, la posición que adoptará el robot cuando haya alcanzado un lugar de trabajo como paso previo al inicio de las operaciones.

Finalmente, tal como se muestra en la Figura 5G, a partir de la posición mostrada en la Figura 5F las ventosas 6 de las patas delanteras y traseras 2a, 2b son desactivadas y las patas delanteras y traseras 2a, 2b son retraídas para levantar las correspondientes ventosas 6 de la superficie de trabajo S mientras las ventosas 17 del segundo conjunto de patas 4 permanecen acopladas a la superficie de trabajo. A partir de la posición mostrada en la Figura 5G, una activación de los actuadores lineales 22 desplaza los soportes desplazables 20 respecto al chasis 1 y en relación con la superficie de trabajo S en la dirección del eje X hasta situar el robot trepador en una posición equivalente a la posición mostrada en la Figura 5A, a punto para iniciar un nuevo ciclo.

Hay que señalar que en cualquiera de los pasos de locomoción anteriormente descritos en el que sólo estén acopladas a la superficie de trabajo S las ventosas 6 del primer conjunto de patas 2a, 2b (por ejemplo, en las posiciones mostradas en las Figuras 5C, 5D y 5E) o las ventosas 17 del segundo conjunto de patas 4 (por ejemplo, en las posiciones mostradas en las Figuras 5A, y 5G), el primer conjunto de patas 4 puede ser girado respecto al

chasis 1 (o viceversa) por una activación del servomotor eléctrico 27 (véase la Figura 1), de manera que el chasis 1 puede ser girado en relación con la superficie de trabajo S para efectuar cambios de rumbo en el avance del robot.

5 En otra realización de la invención con el objetivo de que el robot trepador se adapte para circular firmemente sobre una superficie de trabajo curvada, con un mayor grado de fijación de las ventosas a la misma, se proponen ciertas mejoras en los mecanismos para la fijación de tales ventosas a sus respectivas patas, con una serie de ejemplos de realizaciones contribuyendo a dichas mejoras ilustradas en las Figuras 8a a 10b.

10 Para el ejemplo de la realización ilustrada en las Figuras 8a y 9b, con referencia al primer conjunto de patas, bien sean las delanteras 2a o las traseras 2b, dichas ventosas 6 se fijan en una forma articulada a dicho soporte basculante 7 de cada una de dichos primeros dispositivos de acoplamiento por succión 3, de tal manera que pueden bascular libre e independientemente con respecto a dicho soporte basculante 7 con al menos un primer grado de libertad alrededor de un primer eje 103.

15 Dichas ventosas 6 se encuentran unidas articuladamente a dicho soporte basculante 7 de cada uno de dichos primeros dispositivos de acoplamiento por succión 3, de manera que pueden bascular libre e independientemente respecto al soporte basculante 7 con además un segundo grado de libertad alrededor de un segundo eje 102.

20 Tal como se aprecia en las Figuras 8a a 9b, para el ejemplo de realización allí ilustrada, dicho segundo eje 102 es perpendicular a dicho primer eje 103, el cual es paralelo al eje Y cuando la ventosa 6 a la que se encuentra asociado está en una posición de no basculación respecto a dicho segundo eje 102.

25 Cada una de dichas ventosas 6 se encuentra fijada por su extremo superior a un apéndice de soporte 101, parte del cual se encuentra insertado en un marco 100 introducido en una cavidad de dicho soporte basculante 7, y unido a dicho marco 100 mediante dicho primer eje 103, el cual emerge de dicha pieza de soporte 101 y se encuentra dispuesto perpendicularmente y fijado por sus extremos a unas respectivas paredes de dicho marco 100, de manera que permite la basculación de dicha pieza de soporte 101, y con ésta la de la ventosa 6, respecto al marco 100 alrededor del primer eje 103, con ángulo β como puede observarse en la Figura 9b.

30 Dicho marco 100 se encuentra unido a dicho soporte basculante 7 mediante dicho segundo eje 102, el cual se encuentra dispuesto perpendicularmente y fijado por sus extremos a unas respectivas paredes de dicho soporte basculante 7 delimitadoras de dicha cavidad, de manera que permite la basculación del marco 100, y con éste la de la ventosa 6, respecto al miembro de soporte 7, alrededor del segundo eje 102, un ángulo γ como puede observarse en la Figura 9b.

35 Siguiendo con las Figura 8a y 8b, en las mismas puede observarse cómo el robot comprende un elemento de resorte R fijado por un extremo al marco 100 y por el otro a una pared delimitadora de dicha cavidad del soporte basculante 7, de manera que dicho elemento de resorte R actúa contra el movimiento de basculación en un sentido del marco 100 respecto al segundo eje 102.

40 Por lo que se refiere al segundo conjunto de patas 4, una de ellas puede observarse en las Figuras 10a y 10b con las mejoras comentadas, y concretadas en que dicha pluralidad de ventosas 17 de dichos segundos dispositivos de acoplamiento por succión 5 se encuentran instaladas por parejas en varios bloques 32 unidos a dicho soporte anular giratorio 18.

45 Puede apreciarse en las Figuras 10a y 10b que cada uno de dichos bloques 32 comprende una primera pieza 32a fijada firmemente al soporte anular giratorio 18, y una segunda pieza 32b (que para el ejemplo de realización ilustrado atraviesa a la primera pieza 32a) a la que se encuentran unidas dos de dichas ventosas 17, unida articuladamente a dicha primera pieza 32a, de manera que puede bascular libremente respecto a un tercer eje 105 contenido en un plano paralelo al del soporte anular giratorio 18.

50 Cada uno de dichos bloques 32 comprende dos terceras piezas 32c cada una de ellas unida a un extremo superior de una respectiva ventosa 17 por su extremo superior, estando cada pareja de dichas terceras piezas 32c unidas de manera articulada libre e independientemente respecto a la segunda pieza 32b, al menos con un primer grado de libertad alrededor de un cuarto eje 106 perpendicular a dicho tercer eje 105.

Para un ejemplo de realización cada una de dichas ventosas 17 se encuentra unida de manera articulada a una de dichas terceras piezas 32c a través de un quinto eje 107 perpendicular a dicho cuarto eje 106.

60 El robot trepador de la presente invención es capaz, en virtud de los sistemas de locomoción, nivelación y guiado arriba descritos, de trepar sobre la superficie de un fuselaje, o de una parte de un fuselaje, o de otras partes de una aeronave para realizar trabajos en diferentes lugares de trabajo sobre las mismas. Para realizar trabajos complejos que requieran múltiples operaciones, la presente invención aporta un equipo de robots trepadores especializados, donde cada robot trepador del equipo comprende un chasis 1 dotado de unos sistemas de locomoción, nivelación y guiado como los descritos anteriormente y donde los diferentes robots están equipados con diferentes unidades de trabajo adaptadas para efectuar unas operaciones específicas de un mismo trabajo. Los medios de control están

adaptados para gobernar los diferentes robots de manera que son dirigidos consecutivamente a los mismos lugares de trabajo sobre la superficie de trabajo para realizar consecutivas etapas de un mismo trabajo en unos mismos sitios de operación.

5 En esta memoria descriptiva se utiliza la expresión "lugar de trabajo" para hacer referencia a un lugar de la superficie de trabajo en el que el robot es detenido y puesto en disposición de trabajo. Por "sitio de operación" se entiende un punto preciso comprendido dentro del lugar de trabajo y en el que el cabezal llevado por el robot debe efectuar la correspondiente etapa del trabajo. En virtud de la capacidad de movimiento de la unidad de trabajo en relación con el chasis, un mismo lugar de trabajo puede abarcar varios sitios de operación relativamente próximos entre sí.

10 A modo de ejemplo, a continuación se describe un equipo de robots trepadores de acuerdo con la presente invención dedicado a uno de los trabajos a realizar habitualmente en la industria de la construcción aeronáutica consistente en unir dos o más paneles parcialmente superpuestos mediante remaches. Para ello, el equipo comprende dos robots trepadores. Un primer robot trepador, mostrado en las Figuras 6 y 7, lleva una primera unidad de trabajo 44 con un cabezal 19 adaptado para realizar taladros, escariados y avellanados y un dispositivo para succionar las virutas generadas. Un segundo robot (no mostrado) lleva una segunda unidad de trabajo provista de un cabezal para insertar y fijar remaches en los taladros y un dispositivo para aplicar previamente una pasta selladora a los taladros.

20 La Figura 6 muestra la mencionada primera unidad de trabajo 44, la cual, tal como ha sido descrito más arriba, está montada sobre el segundo carro 37 mediante el soporte 47, correderas 48 y guías 49 de manera que puede ser desplazada en una dirección paralela a los ejes X, Y, donde el eje de pivote alrededor del eje Y está indicado mediante la referencia numérica 50 en la Figura 6. Correspondientes servomotores eléctricos (no mostrados) están dispuestos para accionar estos desplazamientos y movimientos pivotantes de la primera unidad de trabajo 44 bajo las órdenes de los medios de control. La primera unidad de trabajo 44 comprende un motor de accionamiento 54 que está acoplado para accionar un cabezal 19 adaptado para llevar una broca 55. La mencionada broca 55 es de un tipo conocido y tiene diferentes secciones adaptadas para efectuar un taladro, escariar el diámetro interior de dicho taladro y avellanar la embocadura del mismo en una sola operación de avance del cabezal 19 en relación con la superficie de trabajo S. La extensión del avance del cabezal 19 para efectuar el avellanado cónico es crítica, puesto que un avance insuficiente produciría un avellanado demasiado pequeño para contener la cabeza del remache y un avance excesivo podría traspasar uno o ambos paneles. Para controlar el movimiento de avance del cabezal, la primera unidad de trabajo 44 comprende un dispositivo que será descrito más abajo.

35 El cabezal 19 está asociado a dispositivo de aspiración de virutas 56 para aspirar virutas producidas por dicho cabezal de taladrado, escariado y avellanado. Este dispositivo de aspiración de virutas 56 comprende una cámara de aspiración 57 comunicada con un aparato de aspiración 58 a través de un conducto 59. La cámara de aspiración 57 está montada de manera deslizante en la dirección Z, es decir, en una dirección paralela al eje del cabezal 19, y un muelle 60 está dispuesto para empujar el cabezal 57 hacia una posición extendida hacia la superficie de trabajo S. Un extremo del cabezal 19 y la broca 55 están dispuestos en el interior de la cámara de aspiración 57, y la cámara de aspiración 57 tiene una abertura superior ajustada de manera deslizante alrededor del cabezal 19 y una abertura inferior para permitir el paso de la broca 55. La mencionada abertura de la cámara de aspiración 57 tiene una embocadura 61 adaptada para hacer contacto con la superficie de trabajo S alrededor del sitio de operación y con ello cerrar la cámara de aspiración 57 cuando el cabezal 19 efectúa un primer recorrido del movimiento de avance. A partir de este punto, un ulterior recorrido del movimiento de avance del cabezal 19 pone la broca en contacto con la superficie de trabajo para efectuar el taladro, y el escariado y avellanado de dicho taladro, mientras que la cámara de aspiración 57 queda detenida sobre la superficie de trabajo y un soporte de la cámara de aspiración se retrae contra la fuerza del mencionado muelle 60. Obviamente, el conducto 59 también se retrae mientras el aparato de aspiración 58 aspira las virutas generadas.

50 El mencionado soporte de la cámara de aspiración lleva un primer tope 62 que es desplazado en relación con un segundo tope 63 fijado a un soporte de la unidad de trabajo 44 cuando el cabezal 19 efectúa el movimiento de avance y el movimiento de la cámara de aspiración 57 es detenida por la superficie de trabajo S. El movimiento de avance del cabezal 19, y por consiguiente la penetración de la broca 55 en la superficie de trabajo S, está limitado por el contacto del primer tope 62 con el segundo tope 63, tal como se muestra en la Figura 7. La unidad de trabajo 44 incluye un detector de distancia (no mostrado) adaptado para detectar una distancia entre el cabezal 19 y la superficie de trabajo S en el sitio de operación y enviar una señal representativa de dicha distancia a los medios de control. El segundo tope 63 está montado en dicho soporte de la unidad de trabajo 44 de manera que puede ser desplazado en la dirección del eje Z por el accionamiento de un servomotor 64 bajo el control de los medios de control en función de la señal recibida de dicho detector de distancia para determinar con precisión la extensión del avance del cabezal 19 con el fin de efectuar el taladro y el avellanado cónico del taladro con la profundidad requerida. Eventualmente, la unidad de trabajo 44 puede incluir un dispositivo para detectar el grosor del material a taladrar y/o el diámetro de un taladro existente.

- El cabezal de colocación y fijación de remaches que forma parte de la segunda unidad de trabajo llevada por el segundo robot (no mostrado) puede ser un cabezal de un tipo conocido cualquiera de los empleados en la industria de la construcción aeronáutica para la colocación y fijación de remaches instalado de una manera similar a la descrita para el cabezal de taladrado, escariado y avellanado en relación con las Figuras 6 y 7, es decir, dotado de
- 5 movimientos en los tres ejes X, Y, Z y movimientos pivotantes alrededor de los ejes X, Y. Además, el cabezal de colocación y fijación de remaches puede estar asociado a un dispositivo de control del movimiento de avance basado en un detector de distancia y un juego de topes gobernado por los medios de control en función de la señal recibida del detector de distancia, de una manera similar a la descrita anteriormente en relación con las Figuras 6 y
- 10 7. Un almacén de remaches puede estar dispuesto en un lugar alejado del robot y provisto de un dispositivo de alimentación para suministrar remaches de diferentes tipos o medidas al cabezal de colocación y fijación de remaches a través de una manguera umbilical, de una manera bien conocida en la técnica.

El primer robot es dirigido por los medios de control.

- 15 Obviamente, el equipo de robots trepadores de la presente invención no está limitado a los primer y segundo robots trepadores anteriormente descritos y puede comprender cualquier otro número de robots trepadores equipados con cualquier otro tipo de unidades de trabajo para realizar etapas consecutivas de otros tipos de trabajos en la superficie de trabajo S.
- 20 Un experto en la materia será capaz de introducir cambios y modificaciones en los ejemplos de realización descritos y mostrados sin salirse del alcance de la presente invención según está definido en las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Robot trepador equipado con una unidad de trabajo, del tipo que comprende:

5 un chasis (1), el cual tiene referenciados imaginariamente tres ejes coordenados X, Y, Z, en el que el eje X está alineado con una dirección de avance de dicho chasis (1) y el eje Z está dirigido hacia una superficie de trabajo (S) sobre la que se desplaza el robot;

10 un primer conjunto de patas (2a, 2b) montado de manera desplazable linealmente en la dirección del eje X respecto al chasis (1) y provisto de un primer dispositivo de acoplamiento por succión (3) adaptado para acoplar intermitentemente dicho primer conjunto de patas (2a, 2b) a la superficie de trabajo (S), estando cada pata (2a, 2b) del primer conjunto de patas (2a, 2b) montada de manera extensible en la dirección del eje Z hacia la superficie de trabajo (S), y retraíble de la misma, respecto al chasis (1);

15 un segundo conjunto de patas (4) montado de manera giratoria alrededor de un eje paralelo al eje Z respecto al chasis (1) y provisto de un segundo dispositivo de acoplamiento por succión (5) adaptado para acoplar intermitentemente dicho segundo conjunto de patas (4) a la superficie de trabajo (S);

20 primeros y segundos medios de activación conectados a una fuente de aspiración para activar selectivamente dichos primer y segundo dispositivos de acoplamiento por succión (3, 5);

25 primeros medios de accionamiento para desplazar linealmente el primer conjunto de patas (2a, 2b) respecto al chasis (1);

30 segundos medios de accionamiento para accionar individualmente una extensión o retracción de cada pata (2a, 2b) del primer conjunto de patas (2a, 2b) respecto al chasis (1);

35 terceros medios de accionamiento para hacer girar el segundo conjunto de patas (4) respecto al chasis (1);

40 y medios de control adaptados para controlar el funcionamiento de dichos primeros y segundos medios de activación y dichos primeros, segundos y terceros medios de accionamiento de manera coordinada para desplazar el chasis (1) en cualquier dirección sobre la superficie de trabajo (S), en el que cada uno de dichos primeros dispositivos de acoplamiento por succión (3, 5) comprende al menos dos ventosas (6) unidas a un soporte basculante (7) unido articuladamente a un extremo de la correspondiente pata (2a, 2b) del primer conjunto de patas (2a, 2b) de manera que puede bascular libremente respecto a un eje (8) paralelo al eje Y;

45 a cada soporte basculante (7) está unido un pie (9) situado entre dichas dos ventosas (6) y configurado y dispuesto para apoyar sobre la superficie de trabajo (S) cuando las dos ventosas (6) están acopladas a la superficie de trabajo (S);

50 al menos el primer y segundo elementos sensores (10, 11) están dispuestos respectivamente en el primer y segundo puntos separados del chasis (1) para detectar la distancia en la dirección del eje Z desde cada uno de dichos primer y segundo puntos del chasis (1) a la superficie de trabajo (S) y enviar unas señales representativas de dichas distancias a dichos medios de control;

55 de acuerdo con dichas señales el primer y segundo elementos sensores (10, 11), el medio de control controla el funcionamiento de los segundos medios de accionamiento para nivelar el chasis (1) en relación con la superficie de trabajo (S),

60 sobre el chasis (1) está instalado un dispositivo de soporte móvil que soporta una unidad de trabajo provista de un cabezal (19) dispuesto para trabajar en la superficie de trabajo (S) a través de una abertura (12) existente en el chasis (1), incluyendo dicho dispositivo de soporte móvil medios de guía y medios de accionamiento para desplazar al menos dicho cabezal (19) en las direcciones de los tres ejes coordenados X, Y, Z y pivotar el cabezal (19) alrededor de dos ejes X, Y dentro de la abertura (12); y

65 **caracterizado por que** el primer conjunto de patas (2a, 2b) tiene un subconjunto de patas delanteras (2a) y un subconjunto de patas traseras (2b), y **por que** las patas de uno de dichos subconjuntos de patas delanteras y traseras está montado sobre respectivos dispositivos de guía (13) para un desplazamiento lineal en la dirección del eje X respecto a las patas del otro de los subconjuntos de patas delanteras y traseras, y miembros elásticos (14) están dispuestos para empujar en direcciones opuestas cada pata hacia una zona media de dicho dispositivo de guía, efectuándose dichos desplazamientos de las patas libremente contra la fuerza de dichos miembros elásticos (14) con el fin de acomodar una variación en la distancia entre los subconjuntos de patas delanteras y traseras (2a, 2b) producida como consecuencia de dicha nivelación del chasis (1) cuando los primeros dispositivos de acoplamiento por succión (3) están activados.

2. Robot, de acuerdo con la reivindicación 1, en el que dichos subconjuntos de patas delanteras y traseras (2a, 2b) tienen dos patas en cada lado del chasis (1), estando las patas delanteras (2a) y las patas traseras (2b) de cada lado montadas sobre un soporte deslizante (20) acoplado al chasis (1) mediante un dispositivo de guía lineal (21) en la dirección del eje X y conectado a un actuador lineal (22).

3. Robot, de acuerdo con la reivindicación 2, en el que cada pata delantera y trasera (2a, 2b) de los subconjuntos de patas delanteras y traseras (2a, 2b) comprende un soporte móvil (23) al que está unido articuladamente dicho soporte basculante (7), estando dicho soporte móvil (23) acoplado al chasis (1) mediante un dispositivo de guía lineal (24) en la dirección del eje Z y conectado a un actuador lineal (25).

4. Robot, de acuerdo con la reivindicación 1, en el que cada uno de dichos pies (9) está unido al correspondiente

soporte basculante (7) mediante una articulación alrededor de un eje (15) paralelo al eje X.

5. Robot, de acuerdo con la reivindicación 1, en el que cada uno de dichos pies (9) está asociado a un sensor de contacto (16) capaz de enviar una señal representativa de la existencia o no existencia de contacto entre el pie (9) y la superficie de trabajo (S) a los medios de control.

6. Robot, de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el segundo dispositivo de acoplamiento por succión (5) del segundo conjunto de patas (4) comprende una pluralidad de ventosas (17) instaladas en un soporte anular giratorio (18) acoplado al chasis (1) mediante un dispositivo de guía giratorio alrededor del eje Z y conectado a un motor (27), teniendo dicho soporte anular giratorio (18) y dicho dispositivo de guía giratorio unas respectivas aberturas centrales dispuestas para abarcar en su interior la abertura (12) existente en el chasis (1).

7. Robot, de acuerdo con la reivindicación 6, en el que la abertura (12), así como dichos medios de guía de dicho dispositivo de soporte móvil, están dimensionados para permitir unos desplazamientos del cabezal (19) en las direcciones de los ejes X, Y dentro de la abertura (12) suficientemente amplios como para efectuar trabajos en uno o más puntos diferentes de la superficie de trabajo (S) sin necesidad de efectuar desplazamientos del chasis (1) en relación con la superficie de trabajo (S).

8. Robot, de acuerdo con la reivindicación 7, en el que dichos medios de accionamiento del dispositivo de soporte móvil están adaptados para posicionar un eje de trabajo del cabezal (19) en relación con la estructura (S) con una precisión de $\pm 0,1$ mm o superior en las direcciones de los ejes X, Y, Z y para inclinar dicho eje de trabajo del cabezal (19) en relación con la estructura (S) con una precisión de $\pm 40^\circ$ o superior respecto al eje Z.

9. Robot, de acuerdo con la reivindicación 1, en el que en el chasis (1) y/o en el dispositivo de soporte móvil que soporta dicha unidad de trabajo está instalado un dispositivo de detección de marcas en comunicación con dichos medios de control para efectuar un seguimiento de marcas sobre la superficie de trabajo (S).

10. Robot, de acuerdo con la reivindicación 1, en el que en el chasis (1) y/o en el dispositivo de soporte móvil que soporta dicha unidad de trabajo está instalado un receptor-emisor en comunicación con un sistema de posicionamiento global de interior, estando dicho receptor-emisor adaptado para enviar unas señales representativas de la posición del receptor-emisor en relación con dicho sistema de posicionamiento global de interior a dichos medios de control para un guiado de los desplazamientos del chasis (1) sobre la superficie de trabajo (S).

11. Robot de acuerdo con la reivindicación 1, en el que dichas ventosas (6) se encuentran unidas articuladamente a dicho soporte basculante (7) de cada uno de dichos primeros dispositivos de acoplamiento por succión (3), de manera que pueden bascular libre e independientemente respecto al soporte basculante (7) al menos con un primer grado de libertad alrededor de un primer eje (103).

12. Robot de acuerdo con la reivindicación 11, en el que dichas ventosas (6) se encuentran unidas articuladamente a dicho soporte basculante (7) de cada uno de dichos primeros dispositivos de acoplamiento por succión (3), de manera que pueden bascular libre e independientemente respecto al soporte basculante (7) con un segundo grado de libertad alrededor de un segundo eje (102).

13. Robot de acuerdo con la reivindicación 12, en el que dicho segundo eje (102) es perpendicular a dicho primer eje (103).

14. Robot de acuerdo con la reivindicación 12, ó 13, en el que dicho primer eje (103) es paralelo al eje Y cuando la ventosa (6) a la que se encuentra asociado está en una posición de no basculación respecto a dicho segundo eje (102).

15. Robot de acuerdo con la reivindicación 14, en el que cada una de dichas ventosas (6) se encuentra fijada por su extremo superior a un apéndice de soporte (101), parte del cual se encuentra insertado en un marco (100) introducido en una cavidad de dicho soporte basculante (7), y unida a dicho marco (100) mediante dicho primer eje (103), que emerge de dicha pieza de soporte (101) y se encuentra dispuesto perpendicularmente y fijado por sus extremos a unas respectivas paredes de dicho marco (100), de manera que permite la basculación de dicha pieza de soporte (101), y con ésta la de la ventosa (6), respecto al marco (100) alrededor del primer eje (103).

16. Robot de acuerdo con la reivindicación 15, en el que dicho marco (100) se encuentra unido a dicho soporte basculante (7) mediante dicho segundo eje (102), el cual se encuentra dispuesto perpendicularmente y fijado por sus extremos a unas respectivas paredes de dicho soporte basculante (7) delimitadoras de dicha cavidad, de manera que permite la basculación del marco (100), y con éste la de la ventosa (6), respecto al miembro de soporte (7), alrededor del segundo eje (102).

17. Robot de acuerdo con la reivindicación 16, en el que comprende al menos un elemento de resorte (R) fijado por un extremo al marco (100) y por el otro a una pared delimitadora de dicha cavidad del soporte basculante (7), de manera que dicho elemento de resorte (R) actúa contra el movimiento de basculación en un sentido del marco (100) respecto al segundo eje (102).
18. Robot de acuerdo con la reivindicación 6, en el que dicha pluralidad de ventosas (17) de dichos segundos dispositivos de acoplamiento por succión (5) se encuentran instaladas por parejas en varios bloques (32) unidos a dicho soporte anular giratorio (18).
19. Robot de acuerdo con la reivindicación 18, en el que cada uno de dichos bloques (32) comprende una primera pieza (32a) fijada firmemente al soporte anular giratorio (18), y una segunda pieza (32b), a la que se encuentran unidas dos de dichas ventosas (17), unida articuladamente a dicho primera pieza (32a), de manera que puede bascular libremente respecto a un tercer eje (105) contenido en un plano paralelo al del soporte anular giratorio (18).
20. Robot de acuerdo con la reivindicación 19, en el que cada uno de dichos bloques (32) comprende dos terceras piezas (32c) cada una de ellas unida a un extremo superior de una respectiva ventosa (17) por su extremo superior, estando cada pareja de dichas terceras piezas (32c) unida de manera articulada libre e independientemente respecto a la segunda pieza (32b), al menos con un primer grado de libertad alrededor de un cuarto eje (106) perpendicular a dicho tercer eje (105).
21. Robot de acuerdo con la reivindicación 20, en el que cada una de dichas ventosas (17) se encuentra unida de manera articulada a una de dichas terceras piezas (32c) a través de un quinto eje (107) perpendicular a dicho cuarto eje (106).
22. Equipo de robots trepadores que incluye una pluralidad de robots trepadores de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 21, en el que cada robo trepados está equipado de una unidad de trabajo.
23. Equipo de robots trepadores, de acuerdo con la reivindicación 22, en el que dicho equipo comprende al menos un primer robot equipado con una primera unidad de trabajo adaptada para efectuar una o más etapas precedentes de un trabajo y un segundo robot equipado con una segunda unidad de trabajo adaptada para efectuar una o más etapas subsiguientes de dicho trabajo, estando dichos medios de control adaptados para desplazar dicho primer robot hasta un lugar de trabajo predeterminado, o consecutivamente hasta varios lugares de trabajo predeterminados sobre la superficie de trabajo y efectuar en uno o más sitios de operación comprendidos en cada uno de dichos lugares de trabajo las mencionadas una o más etapas precedentes y para desplazar subsiguientemente dicho segundo robot hasta el mismo lugar de trabajo o hasta los mismos lugares de trabajo y efectuar en dichos uno o más sitios de operación comprendidos en cada uno de los lugares de trabajo dichas una o más etapas subsiguientes.
24. Equipo de robots, de acuerdo con la reivindicación 23, en el que dicho trabajo comprende unir al menos dos paneles mediante remaches.
25. Equipo de robots, de acuerdo con la reivindicación 24, en el que dicha primera unidad de trabajo llevada por el primer robot comprende al menos un cabezal de taladrado, escariado y avellanado, y dicha segunda unidad de trabajo llevada por el segundo robot comprende al menos un cabezal de colocación y fijación de remaches.
26. Equipo de robots, de acuerdo con la reivindicación 25, en el que dicha primera unidad de trabajo llevada por el primer robot comprende un dispositivo de aspiración de virutas para aspirar virutas producidas por dicho cabezal de taladrado, escariado y avellanado.
27. Equipo de robots, de acuerdo con la reivindicación 26, en el que dicha primera unidad de trabajo llevada por el primer robot comprende un dispositivo para detectar una distancia entre el cabezal de taladrado, escariado y avellanado y la superficie de trabajo en el sitio de operación y un dispositivo para controlar un movimiento de avance del cabezal en función del resultado de dicha detección.
28. Equipo de robots, de acuerdo con la reivindicación 25, en el que dicha segunda unidad de trabajo llevada por el segundo robot comprende además un dispositivo de aplicación de material de sellado para aplicar un material de sellado a un taladro antes de la colocación de un remache en dicho taladro.

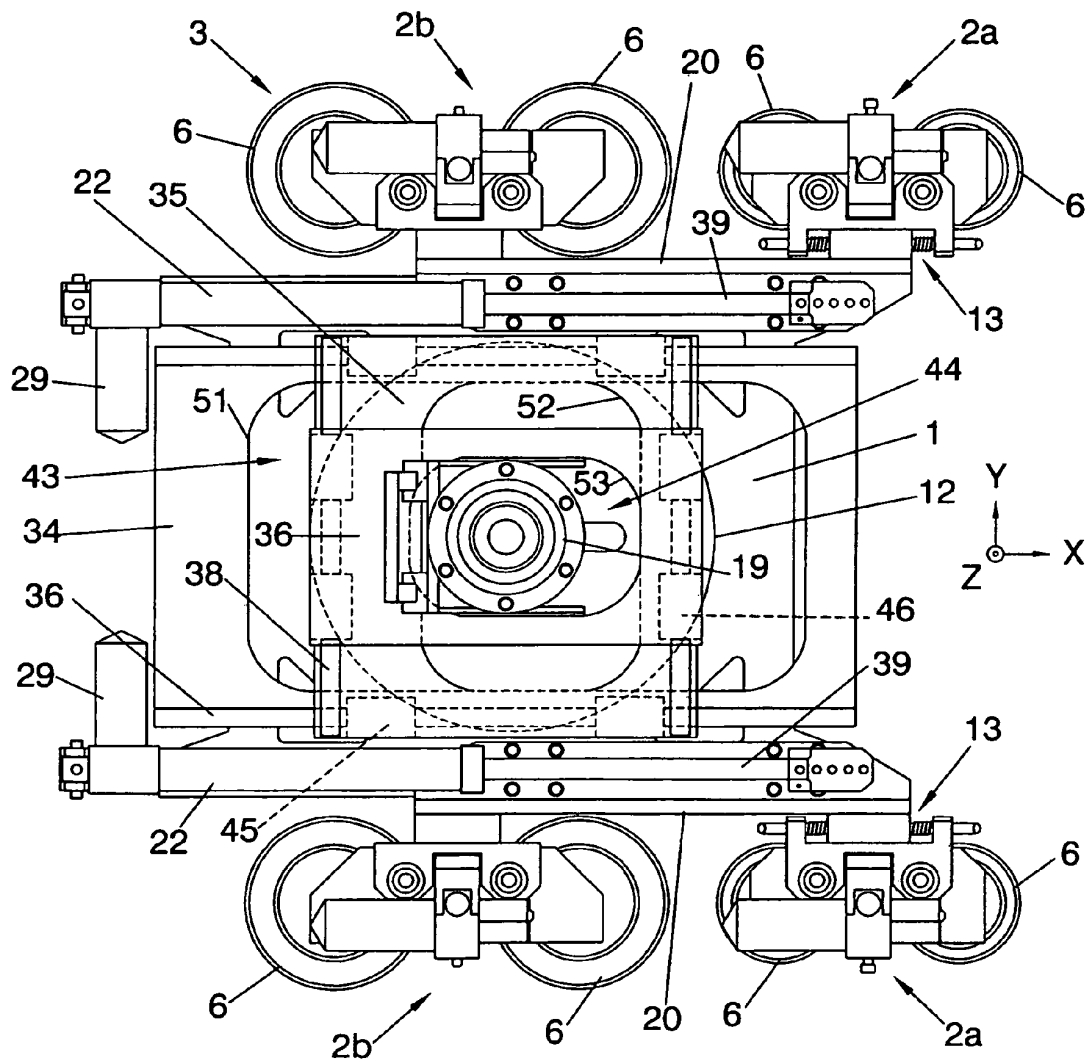


FIG. 1

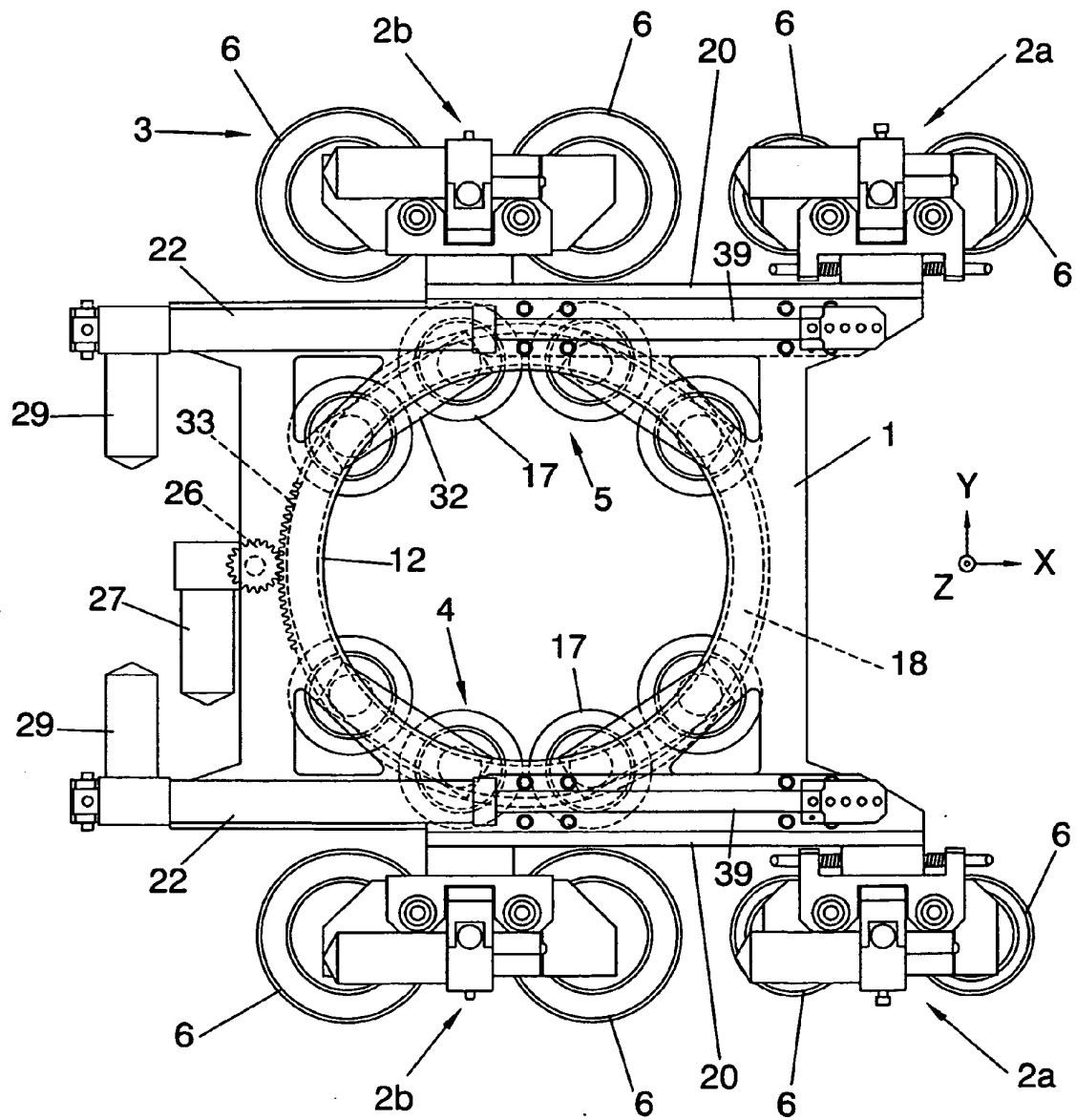


FIG. 2

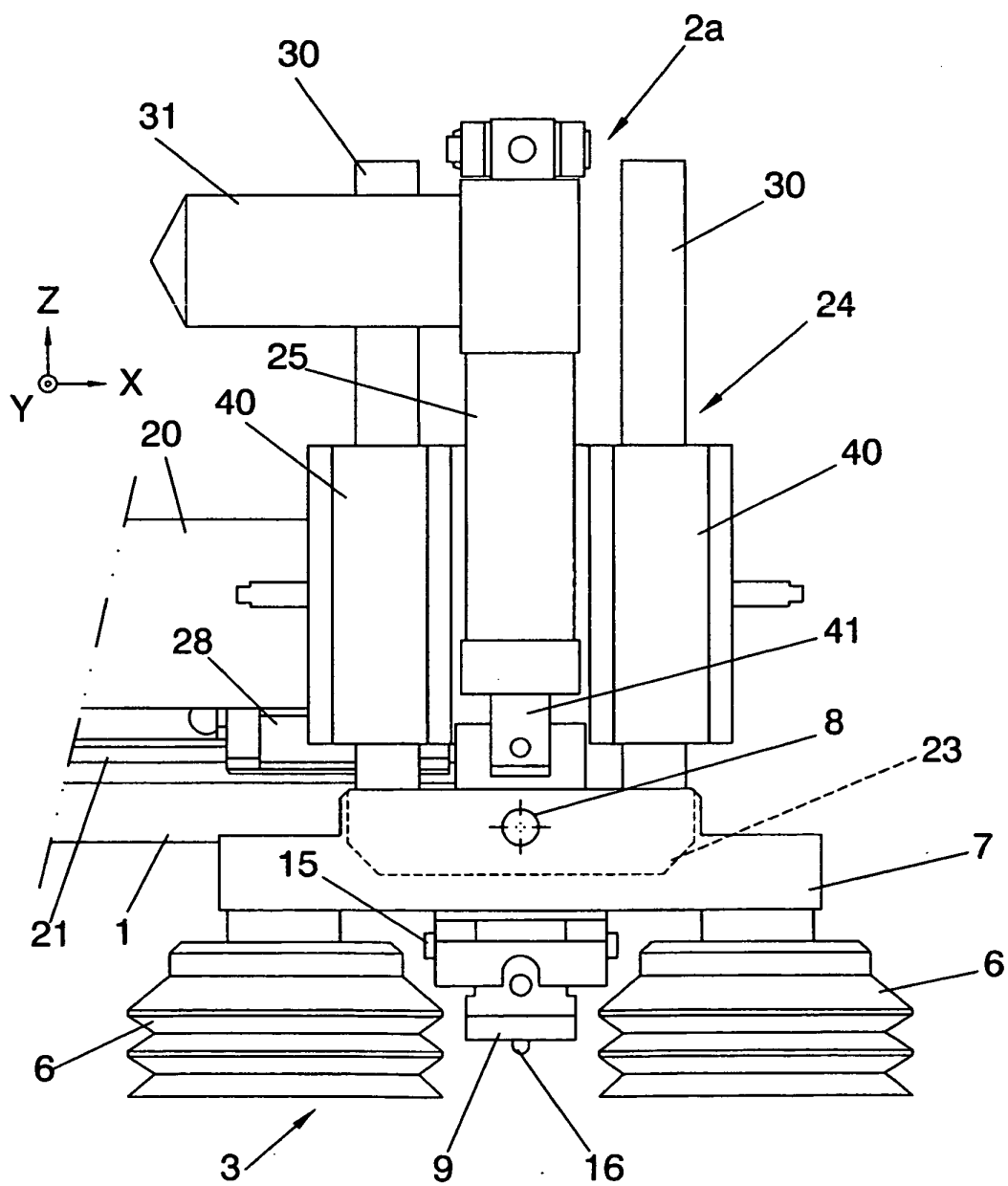


FIG. 3

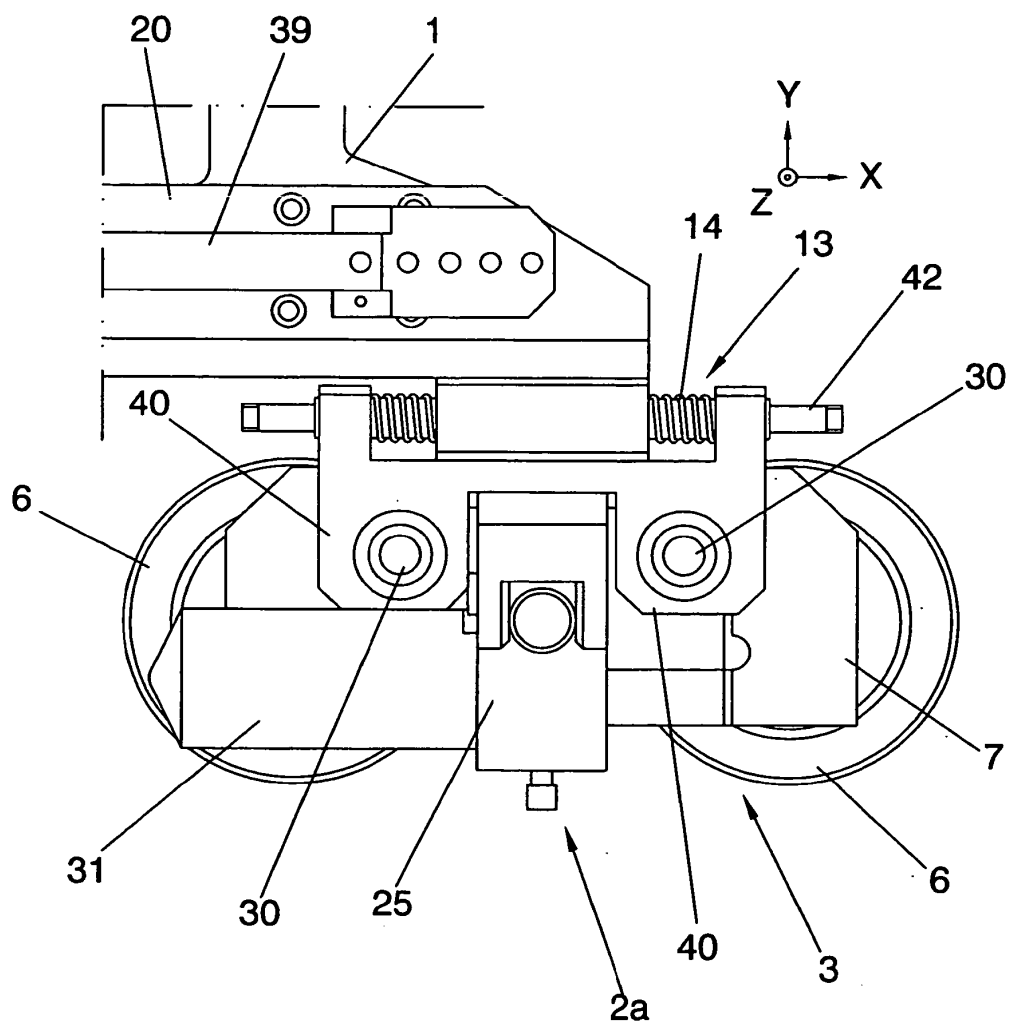


FIG. 4

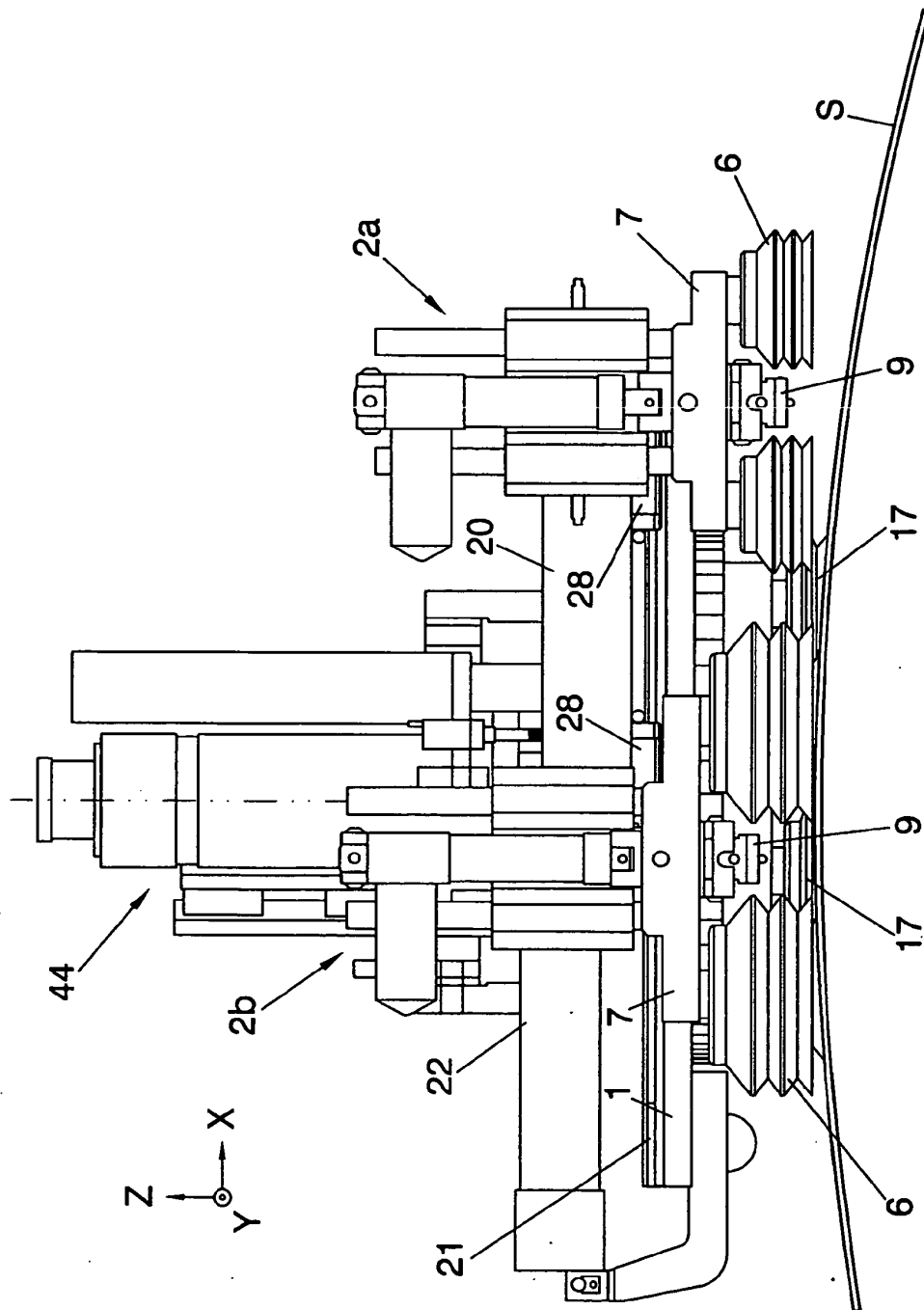
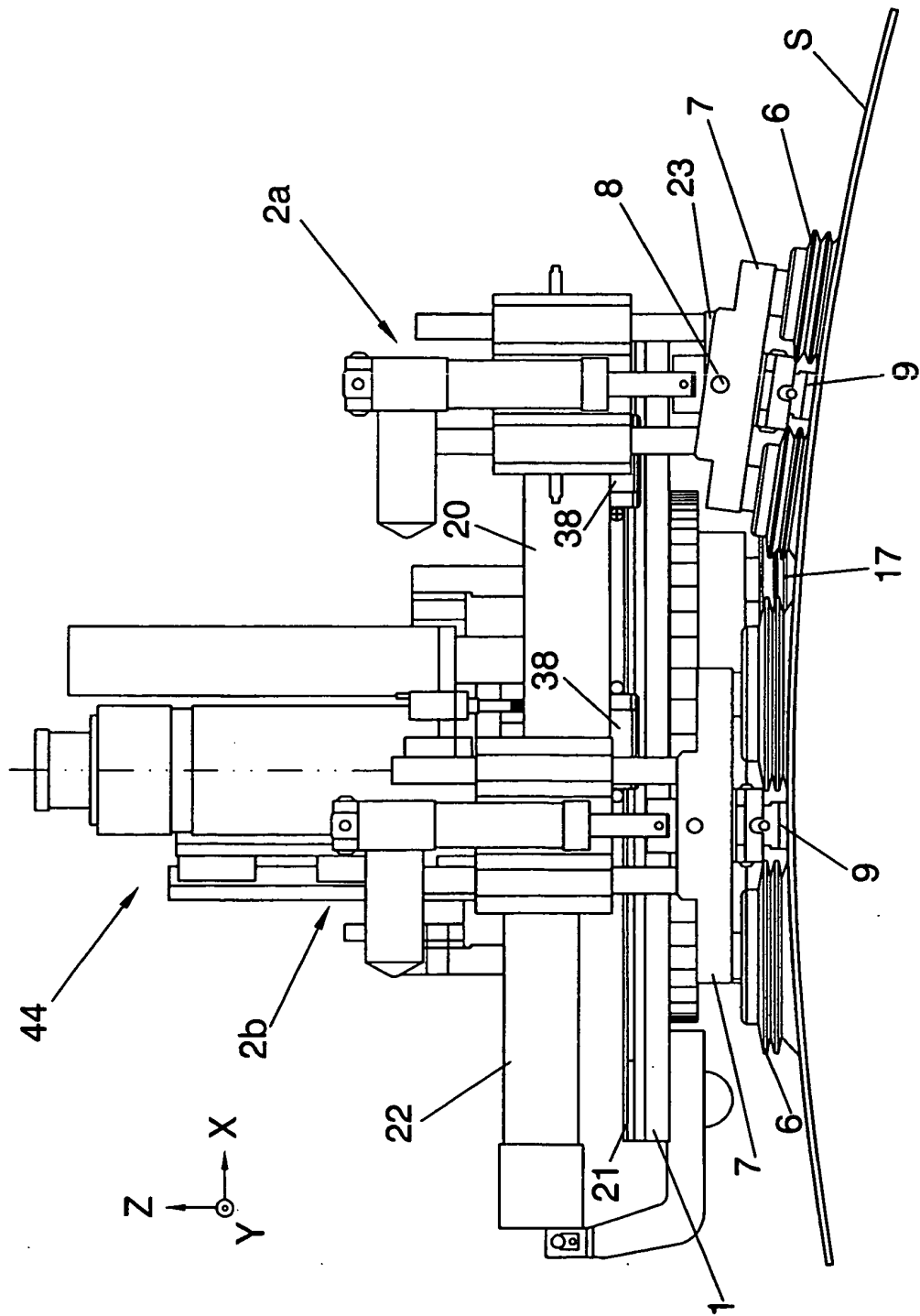
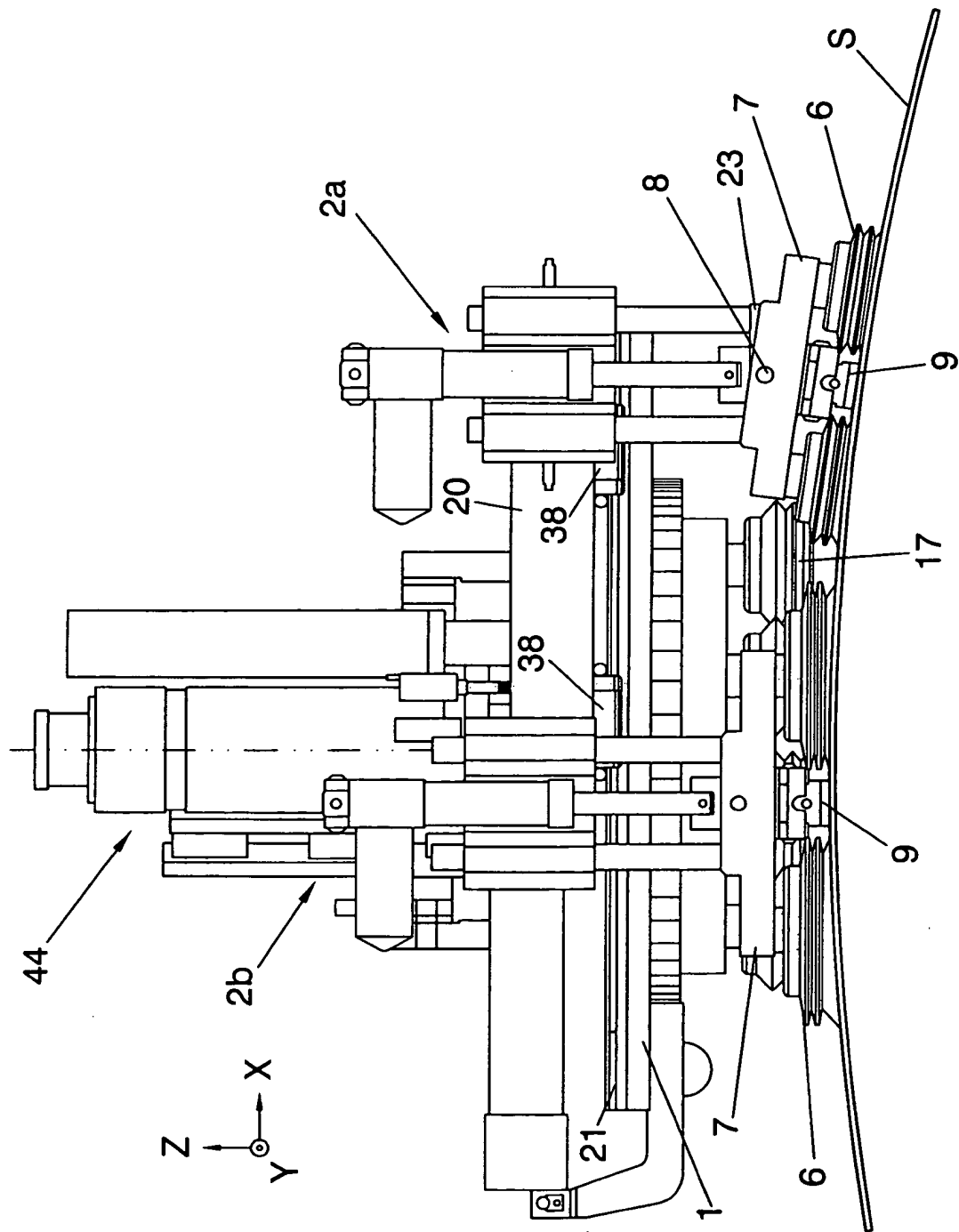
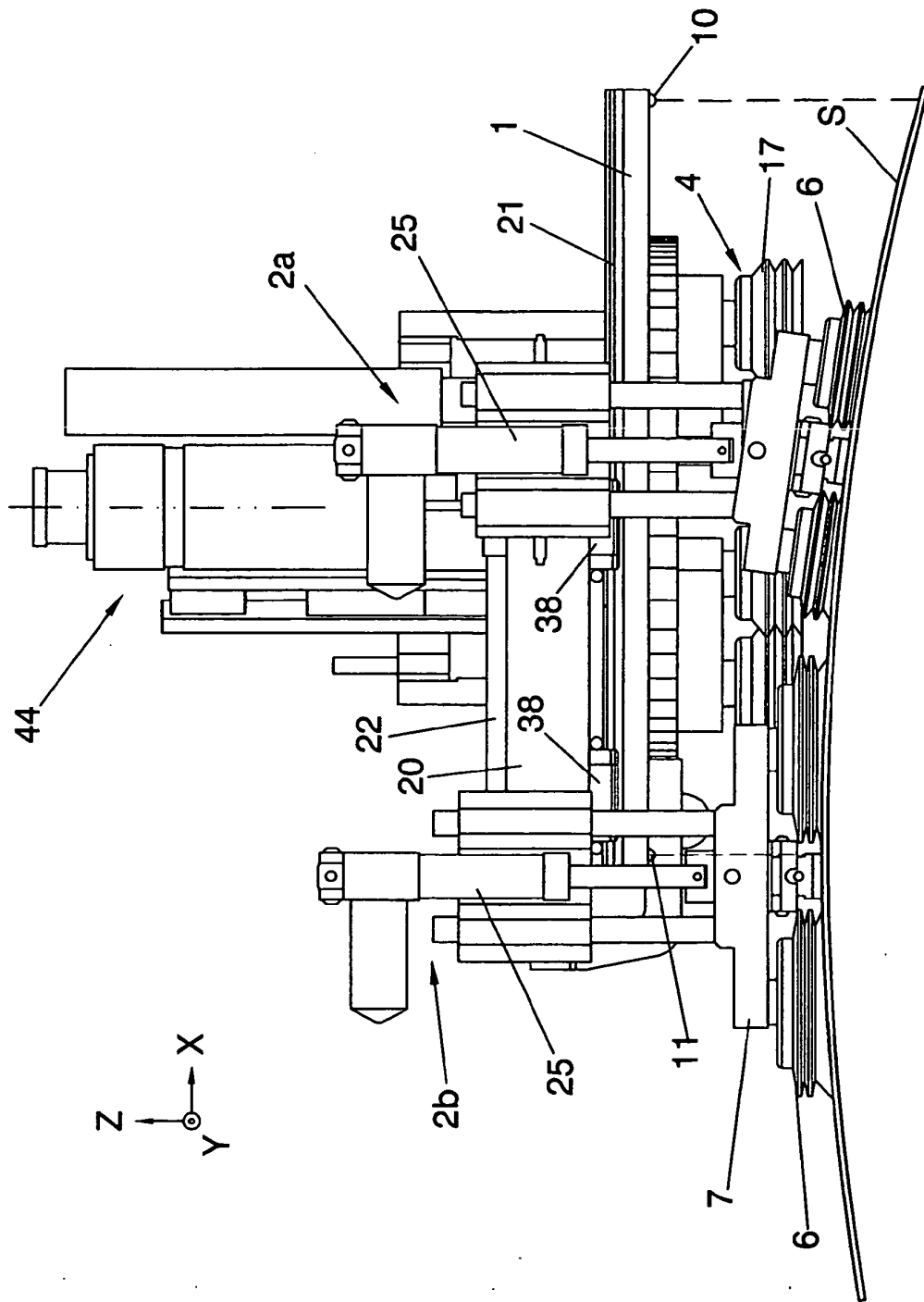
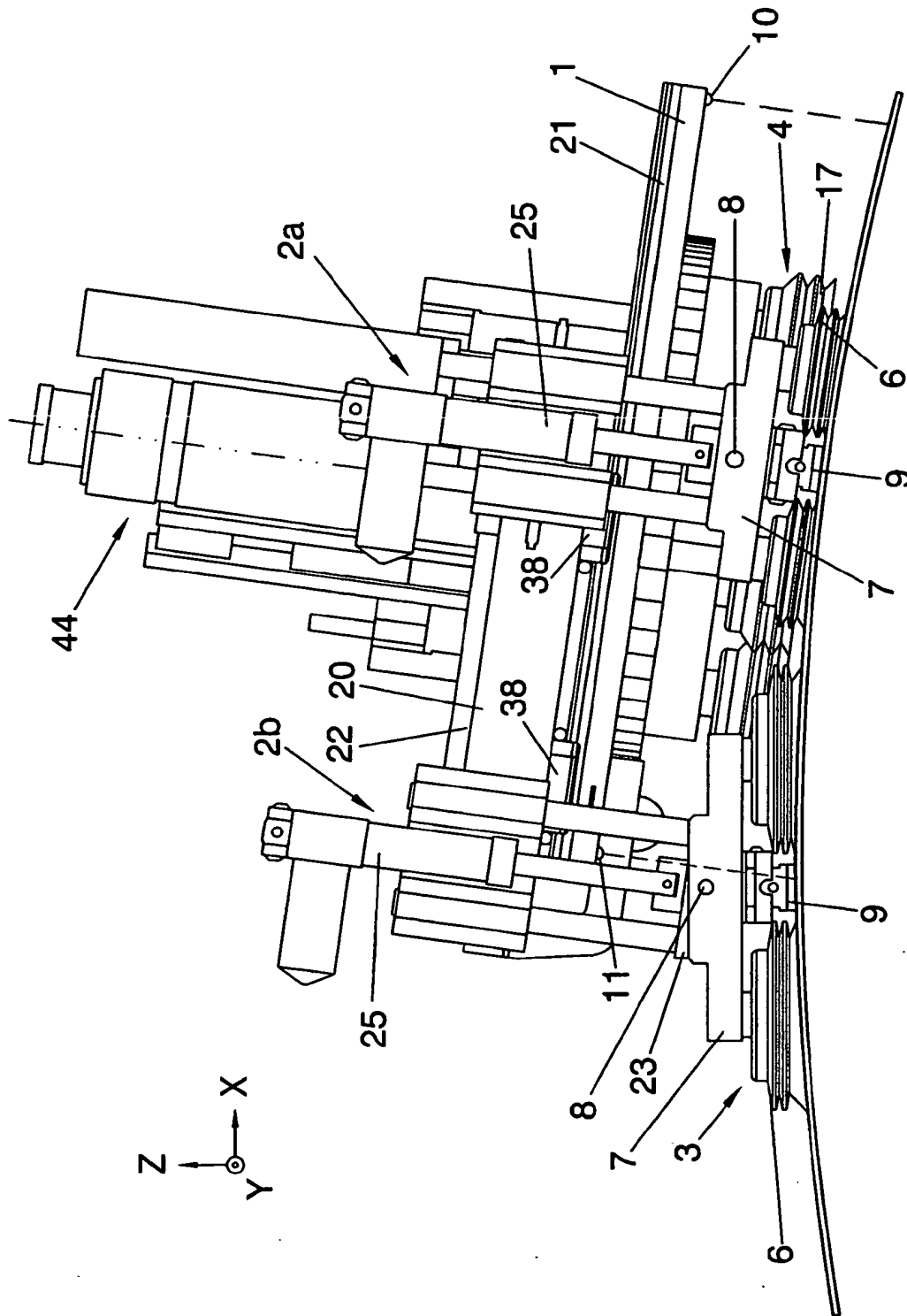


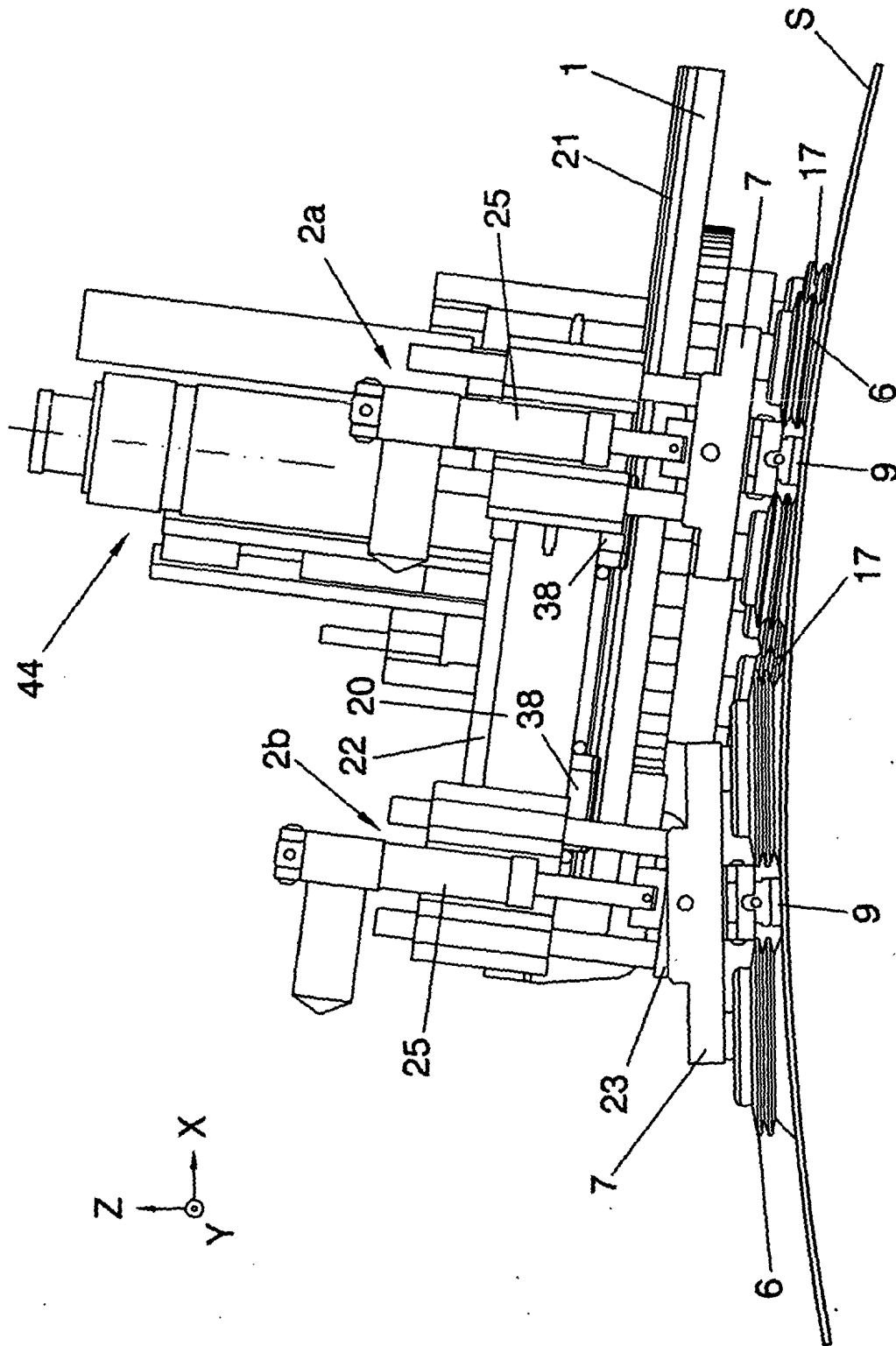
FIG. 5A











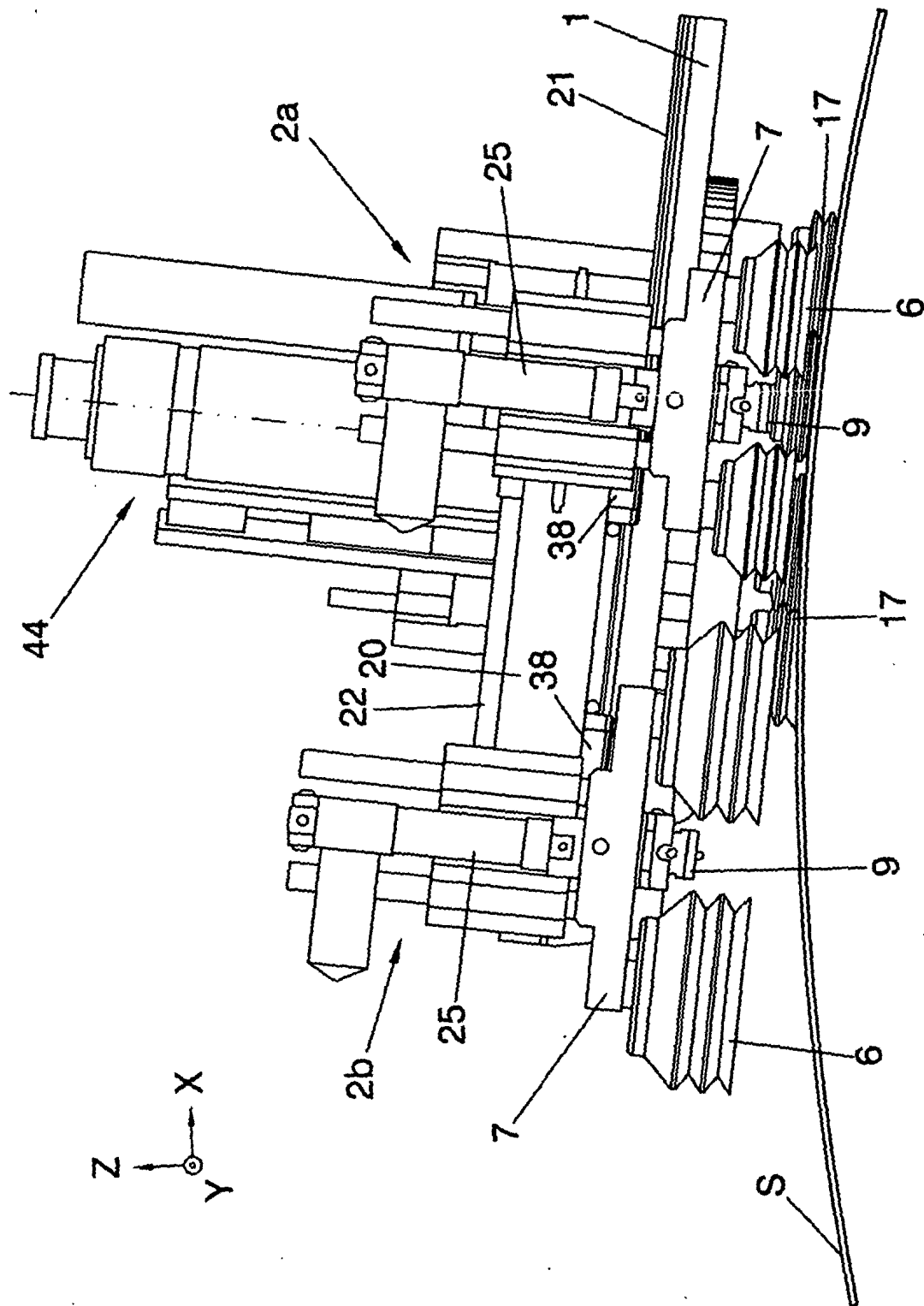


FIG. 5G

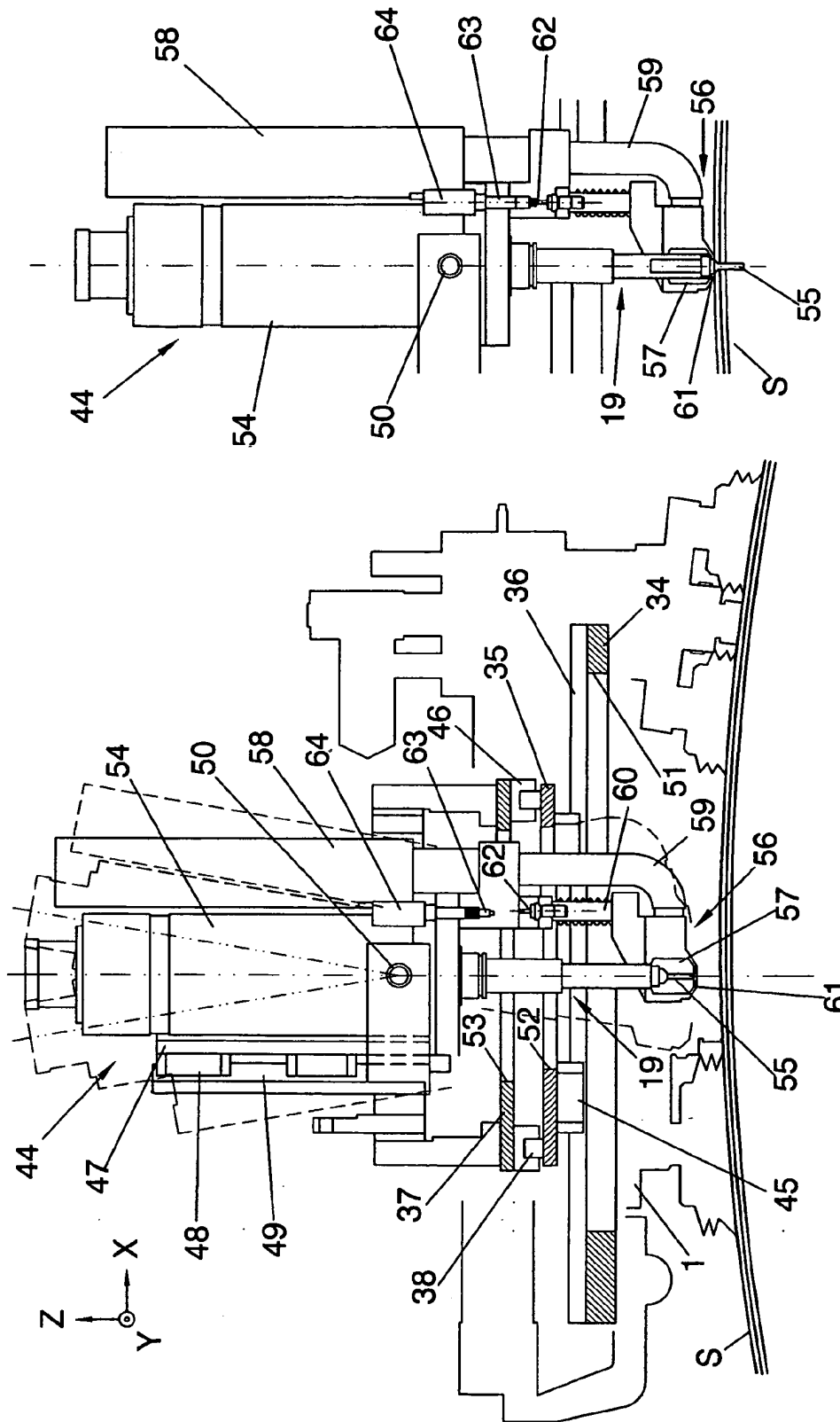
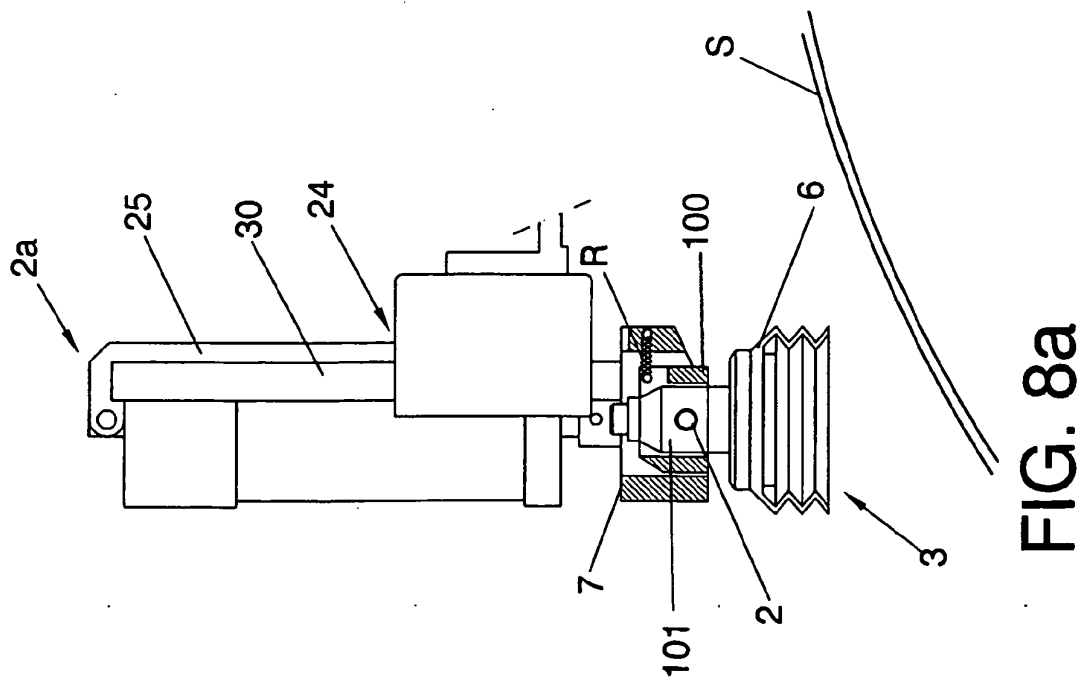
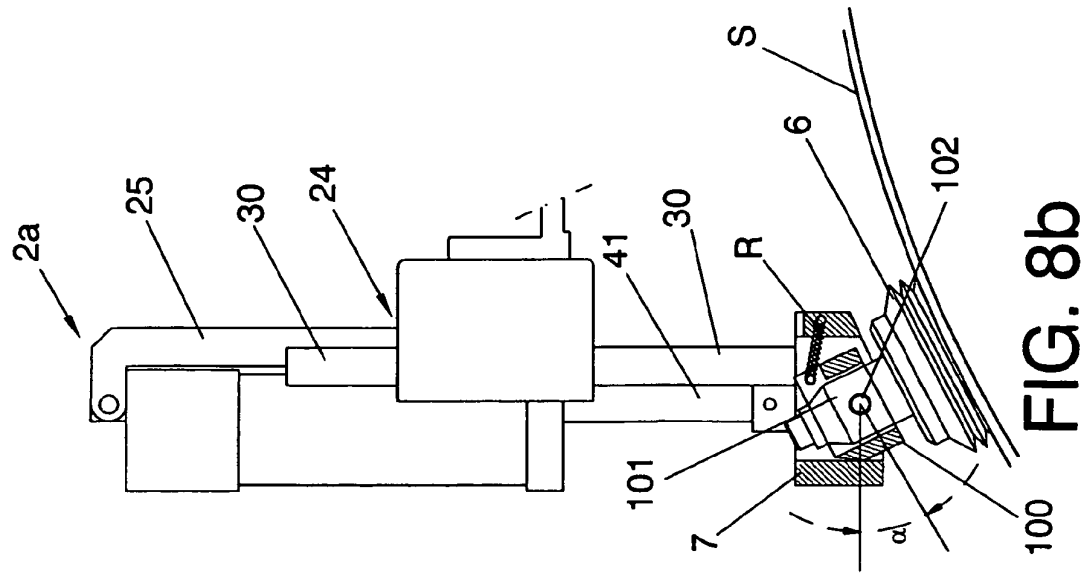


FIG. 7

FIG. 6



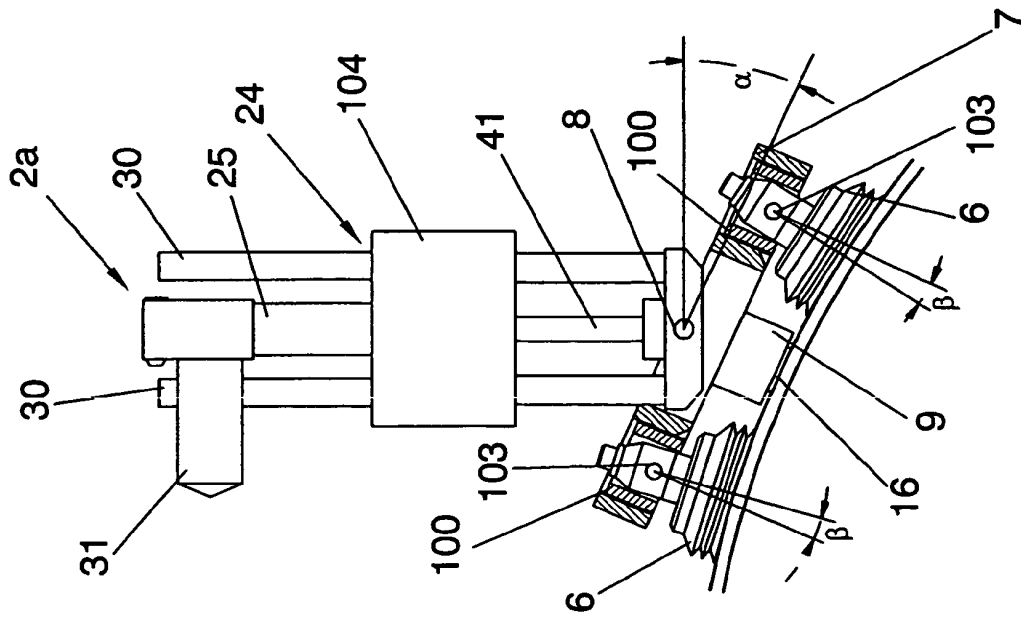


FIG. 9a

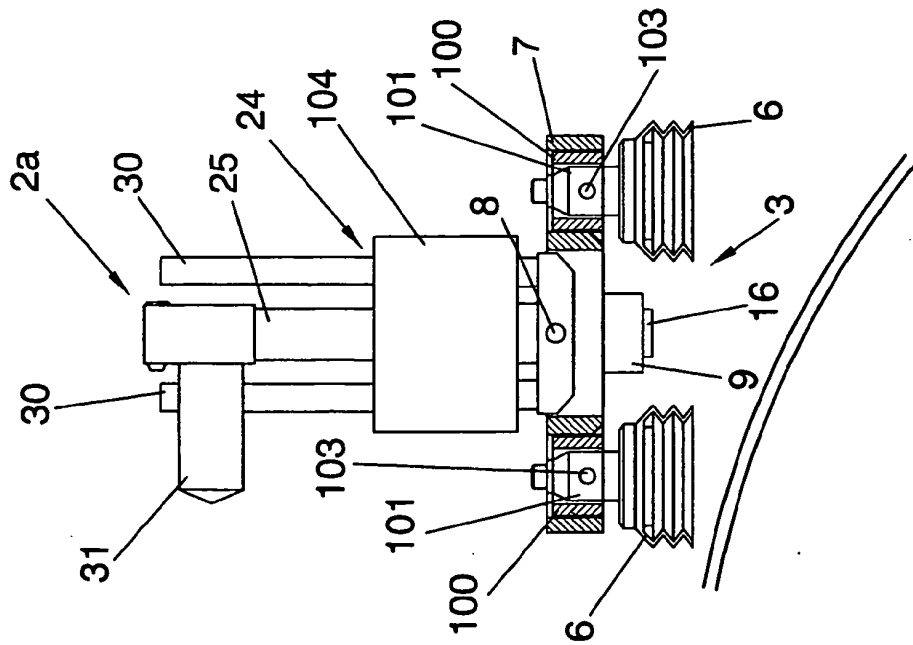


FIG. 9b

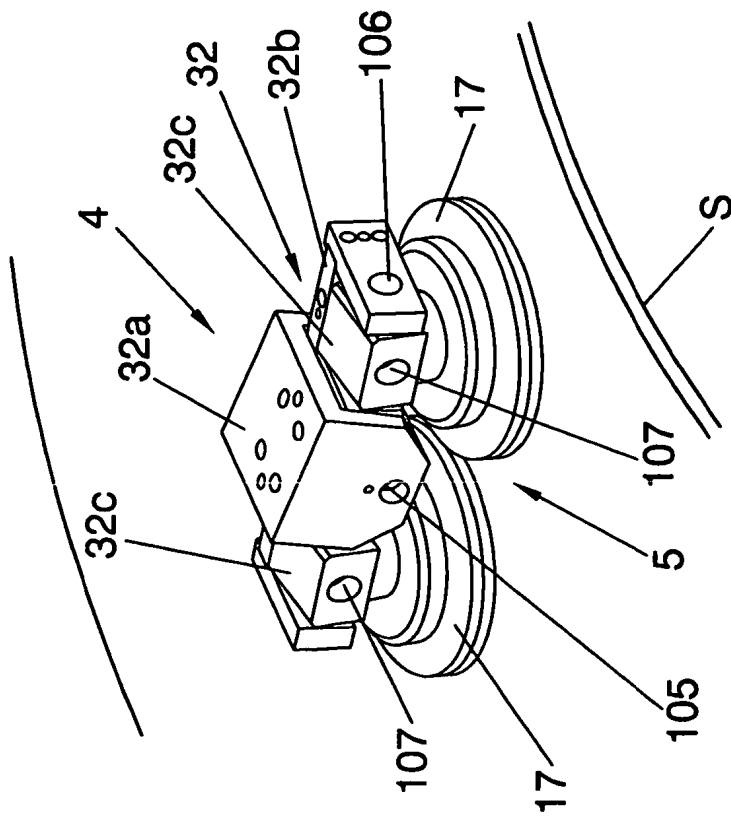


FIG. 10a

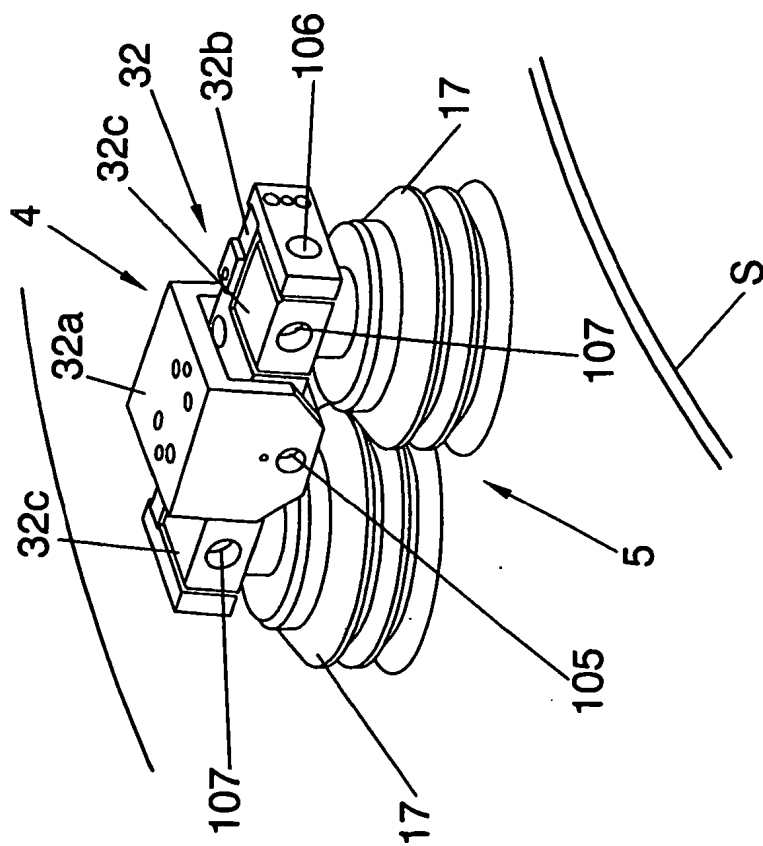


FIG. 10b