

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 554 937**

51 Int. Cl.:

B24B 19/26 (2006.01)
B24B 1/00 (2006.01)
B24B 27/00 (2006.01)
B24B 41/00 (2006.01)
B24B 41/04 (2006.01)
B25J 11/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **25.10.2012 E 12190035 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **21.10.2015 EP 2589463**

54 Título: **Sistema que comprende un efector terminal robótico que incluye múltiples herramientas de abrasión y un método que utiliza el efector terminal robótico**

30 Prioridad:

02.11.2011 US 201113288024

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

28.12.2015

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**PANERGO, REYNOLD R. y
VANAVERY, JAMES C.**

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 554 937 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

Sistema que comprende un efector terminal robótico que incluye múltiples herramientas de abrasión y un método que utiliza el efector terminal robótico

Antecedentes

5 Los sistemas de pintura pueden ser aplicados a las superficies exteriores de aviones comerciales. Típicamente, la preparación de la superficie se realiza sobre superficies al descubierto o preparadas, y luego se aplica la pintura base, capa de base y capa decorativa.

La preparación de la superficie puede realizarse manualmente. Sin embargo, la preparación de la superficie manual, tal como el lijado, pone en riesgo la salud humana debido, por ejemplo, a la inhalación de polvo y la mala ergonomía.

10 Estos riesgos pueden evitarse mediante un sistema robótico que realice autónomamente la preparación de la superficie. Además de evitar los riesgos a la salud humana, el sistema robótico puede proporcionar un proceso más consistente que la preparación de la superficie manual.

15 Las siguientes características para un sistema robótico serían deseables: la capacidad de (1) cubrir una superficie rápidamente, aun manteniendo un acabado de superficie de alta calidad; (2) mantener patrones de carrera o trayectoria consistentes; y (3) mantener una fuerza constante con diferentes orientaciones de las herramientas. Esta última característica es especialmente deseable con respecto a aviones comerciales.

20 También sería deseable que el sistema robótico satisficiera estos objetivos con respecto a las grandes áreas de superficie abiertas y pequeñas áreas restringidas en una aeronave comercial. (Un fuselaje de la aeronave comercial típicamente tiene grandes áreas de superficie abiertas por encima y por debajo de las ventanas y puertas, y pequeñas áreas restringidas entre las ventanas.) Sería deseable que un sistema robótico se moviera desde la nariz a la cola mientras realiza la preparación de la superficie en las áreas grandes de superficie abierta y las pequeñas áreas restringidas sin tener que cambiar las herramientas del efector terminal.

25 El documento DE 203 18 660 U1 muestra un aparato para procesar una pieza de trabajo. Es en particular adecuado para las superficies metálicas. El aparato comprende al menos una herramienta dispuesta en una cabeza de herramienta, en donde la cabeza de herramienta comprende al menos dos herramientas.

30 El documento US 2002/0072297 A1 muestra un método mejorado y aparato automatizado para proporcionar un acabado de superficie automatizado de los paneles de aviones, que incluye un controlador central, un transbordador universal para transportar paneles de aviones, medios de escaneo y un procesador de superficie de paneles que puede moverse alrededor de una pluralidad de ejes para presentar una pluralidad de herramientas de acabado de superficie para que actúen sobre el panel.

35 El documento US 2003/0045208 A1 muestra un pulido mecánico químico que incluye un primer husillo operable para rotar con respecto a un eje central de un primer husillo. Una primera superficie del primer almohadilla para pulir puede moverse a lo largo de un eje central del primer husillo desde una primera posición, en donde la primera superficie se basa en una segunda superficie de un portador de obleas, y una segunda posición, en donde la primera superficie en general se pone en contacto con la segunda superficie.

Compendio

De acuerdo con la invención, se proporciona un método de acuerdo con la reivindicación 1 y un sistema robótico de acuerdo con la reivindicación 4.

40 De acuerdo con una realización en la presente, un método comprende utilizar un efector terminal robótico para realizar la preparación de la superficie en una superficie de un componente de una aeronave. El efector terminal incluye una primera, segunda y tercera herramienta de abrasión que tienen sus almohadillas de respaldo en una disposición triangular.

45 De acuerdo con otra realización en la presente, un sistema robótico comprende un efector terminal robótico que incluye una primera, segunda y tercera herramienta que tienen almohadillas de respaldo dispuestas en una disposición triangular.

De acuerdo con otra realización en la presente, un sistema comprende un robot de múltiples ejes y un efector terminal que incluye una primera, segunda y tercera herramienta de abrasión orbital aleatoria en una disposición triangular. Las herramientas de abrasión son selectivamente retráctiles, extensibles y operables.

50 Un aspecto de la presente divulgación se refiere a un método que comprende utilizar un efector terminal robótico para realizar la preparación de la superficie en una superficie de un componente de una aeronave. El efector terminal incluye una primera, segunda y tercera herramienta de abrasión que tienen sus almohadillas de respaldo en una disposición triangular.

En un ejemplo, el método también incluye selectivamente extender, retraer y operar las herramientas de abrasión para aplicar el efector terminal a diferentes tamaños de área de superficie.

En una variante, el método también incluye mover el robot a lo largo de la aeronave desde la nariz a la cola y configurar el efector terminal en cada área en el trayecto.

- 5 En una alternativa, el método también incluye aplicar una presión constante a las herramientas de abrasión a través de juntas de rótula conectadas en serie.

Otro aspecto de la presente divulgación se refiere a un sistema robótico con un efector terminal robótico que incluye una primera, segunda y tercera herramienta que tienen almohadillas de respaldo dispuestas en una disposición triangular.

- 10 En un ejemplo del sistema robótico, los centros nominales de las almohadillas de respaldo forman un triángulo equilátero.

En una variante del sistema robótico, las herramientas de abrasión se giran como un grupo alrededor de un eje. Cada herramienta de abrasión es independientemente retráctil y extensible y las herramientas de abrasión se operan independientemente.

- 15 En una alternativa del sistema robótico, las herramientas de abrasión son herramientas de abrasión orbital aleatoria.

En otro ejemplo del sistema robótico, las almohadillas de respaldo tienen una relación superpuesta.

En otra variante, el sistema robótico también incluye un ensamblaje de junta de rótula para cada herramienta de abrasión. Cada ensamblaje de junta de rótula incluye una primera junta de rótula conectada a su herramienta de abrasión correspondiente y una segunda junta de rótula conectada entre la primera junta de rótula y el efector terminal robótico.

- 20

En otra alternativa del sistema robótico, cada junta de rótula tiene una rotación de no más de 15 grados.

En otro ejemplo adicional del sistema robótico, cada ensamblaje de junta de rótula también incluye un accionador lineal, conectado a la segunda junta de rótula, para aplicar presión constante a su herramienta de abrasión correspondiente.

- 25 En otra variante adicional del sistema robótico, el accionador lineal incluye un cilindro de compresión doble neumático y un regulador de presión para regular la presión en el cilindro de modo que una fuerza constante es aplicada a su herramienta de abrasión correspondiente.

En otra alternativa adicional, el sistema robótico también incluye un robot que tiene al menos seis ejes para posicionar y orientar el efector terminal.

- 30 En otro ejemplo adicional del sistema robótico, el robot incluye un brazo de robot y una muñeca.

Aun otro aspecto de la presente divulgación se refiere a un sistema que incluye un robot de múltiples ejes y un efector terminal que incluye una primera, segunda y tercera herramienta de abrasión orbital aleatoria en una disposición triangular. Las herramientas de abrasión son selectivamente retráctiles, extensibles y operables.

- 35 En un ejemplo del sistema, el robot de múltiples ejes incluye una muñeca y un brazo entre la muñeca y el efector terminal.

En una variante del sistema, los centros nominales de las almohadillas de respaldo forman un triángulo equilátero.

En una alternativa, el sistema también incluye un ensamblaje de junta de rótula acoplado a cada herramienta de abrasión. Cada ensamblaje de junta de rótula incluye una primera junta de rótula conectada a su herramienta de abrasión correspondiente y una segunda junta de rótula conectada entre la primera junta de rótula y el efector terminal robótico.

- 40

En otro ejemplo del sistema, cada ensamblaje de junta de rótula también incluye un accionador lineal, conectado a la segunda junta de rótula, para aplicar presión constante a su herramienta de abrasión correspondiente.

Los términos "ejemplo", "variante" y "alternativa" antemencionados se utilizan de manera intercambiable.

- 45 Las características y funciones pueden lograrse independientemente en varias realizaciones o pueden combinarse en otras realizaciones, cuyos detalles adicionales pueden verse con referencia a la siguiente descripción y dibujos.

Breve descripción de los dibujos

La Figura 1 es una ilustración de un método básico para aplicar un sistema de pintura a una aeronave comercial.

La Figura 2 es una ilustración de un sistema robótico que incluye un efector terminal para realizar la preparación de la superficie.

La Figura 3 es una ilustración de una herramienta de abrasión orbital aleatoria y juntas de rótula en serie.

5 La Figura 4 es una ilustración de un efector terminal robótico que incluye tres herramientas de abrasión orbitales aleatorias para realizar la preparación de la superficie.

La Figura 5 es una ilustración del efector terminal de la Figura 4 con una herramienta de abrasión extendida.

La Figura 6 es una ilustración de dos orientaciones de almohadillas de respaldo de la herramienta de abrasión.

La Figura 7 es una ilustración de un robot de múltiples ejes.

10 La Figura 8 es una ilustración de las trayectorias del efector terminal y robótico para la preparación de la superficie en un fuselaje de una aeronave.

La Figura 9 es una ilustración de un método para utilizar un sistema robótico para realizar la preparación de la superficie en un fuselaje de una aeronave.

Descripción detallada

15 Se hace referencia a la Figura 1 que ilustra un método básico para aplicar un sistema de pintura a uno o más componentes de una aeronave comercial. Los componentes pueden ser componentes principales tales como el fuselaje, ensamblajes de alas y empenajes, o pueden ser componentes más pequeños.

20 En el recuadro 110, la aeronave o componente de la aeronave es cargado en un hangar o cabina de pintura. En algunas realizaciones, el hangar de pintura puede ser una ubicación de división 1 de clase 1 (C1D1) que tiene el área de un campo de fútbol. Una ubicación C1D1 se refiere a una ubicación en la cual pueden existir concentraciones inflamables de gases o vapores. Puede utilizarse un remolcador para mover la aeronave entera en el hangar o puede utilizarse un montacargas para mover un componente en el hangar.

En el recuadro 120, se enmascara la aeronave o componente. La limpieza química húmeda puede realizarse sobre las superficies a pintar.

25 En el recuadro 130, se utiliza un sistema robótico para preparar superficies del componente de la aeronave. La preparación de la superficie puede incluir, a modo no taxativo, abrasión y lijado de la superficie. La preparación de la superficie como se describe en la presente se realiza con un efector terminal robótico incluyendo una primera, segunda y tercera herramienta de abrasión orbital que tiene almohadillas de respaldo dispuestas en una disposición triangular. El tipo de preparación de superficie (por ejemplo lijado) se determina por el tipo de medio adjunto a las almohadillas de respaldo.

30 Las superficies pueden ser un compuesto o metal al descubierto o las superficies pueden haber sido preparadas. Si la superficie ya está preparada, la superficie preparada puede pulirse para reactivar la pintura base. Luego una nueva capa de pintura base puede aplicarse y curarse. Si la superficie está al descubierto, las herramientas de abrasión pueden utilizar material abrasivo (por ejemplo, almohadillas no tejidas) para limpiar las superficies o desechos o contaminantes. Se aplica entonces un promotor de adhesión y una pintura base. Luego se cura la pintura base.

35 En el recuadro 140, se utiliza un segundo efector terminal robótico para pintar las superficies preparadas. En el recuadro 150, la aeronave o componente de la aeronave se desenmascara y descarga.

Además de evitar riesgos para la salud humana y proporcionar un proceso más consistente, un sistema robótico de la presente puede moverse desde la nariz a la cola mientras prepara las grandes áreas de superficie abiertas y las áreas más pequeñas restringidas, sin tener que cambiar las herramientas del efector terminal.

40 Ahora se hace referencia a la Figura 2, que ilustra un sistema 210 que incluye un robot 220 y un efector terminal 230 para realizar la preparación de la superficie. El efector terminal 230 incluye una primera herramienta de abrasión 240 que tiene una primera almohadilla de respaldo 245, una segunda herramienta de abrasión 250 que tiene una segunda almohadilla de respaldo 255 y una tercera herramienta de abrasión 260 que tiene una tercera almohadilla de respaldo 265. Las almohadillas de respaldo 245, 255 y 265 tienen una disposición triangular. Por ejemplo, los centros nominales de las almohadillas de respaldo 245, 255 y 265 corresponden a vértices de un triángulo equilátero.

45 La disposición triangular permite que el sistema 210 cubra grandes áreas de superficie. También proporciona una cobertura de superficie superpuesta, que reduce la necesidad de realizar la preparación de la superficie múltiples veces.

50 Las herramientas de abrasión 240, 250 y 260 giran como un grupo alrededor de un eje C. Cada herramienta de abrasión 240, 250 y 260 también puede retraerse y extenderse independientemente. Las herramientas de abrasión 240, 250 y 260 se operan independientemente. Esta combinación de características permite al sistema 210 adaptarse

de cubrir áreas grandes a cubrir áreas pequeñas. Por ejemplo, las puertas, ventanas, juntas de empalme y juntas de sección requieren lijado de bordes que puede realizarse con una o dos de las herramientas de abrasión 240, 250 y 260. La combinación de la rotación y retracción también permite que el efector terminal 230 siga un único camino recto (vertical u horizontal), que simplifica la programación del robot 220.

5 En algunas realizaciones, las tres herramientas de abrasión 240, 250 y 260 pueden ser herramientas de abrasión orbitales aleatorias. Cada herramienta de abrasión orbital aleatoria 240, 250 y 260 produce una órbita aleatoria al girar simultáneamente su almohadilla de respaldo moviendo su almohadilla de respaldo en un recorrido elíptico, que asegura que ninguna parte del material abrasivo haga el mismo recorrido dos veces. Debido a esta acción orbital aleatoria única, la herramienta de abrasión orbital aleatoria produce un mejor acabado de superficie que las lijadoras jitterbug y otros tipos de lijadoras.

10 Sin embargo, en otras realizaciones, las herramientas de abrasión 240, 250 y 260 pueden incluir una combinación de herramientas orbitales aleatorias y otras herramientas. Por ejemplo, estas otras realizaciones pueden incluir una combinación de una lijadora orbital aleatoria, otro tipo de lijadora orbital y una lijadora jitterbug.

15 Si el sistema 210 se pretende para una ubicación C1D1, las herramientas de abrasión 240, 250 y 260 pueden ser accionadas neumáticamente para evitar chispeo. En cuanto al robot 220, puede ser un robot para C1D1.

20 Limitar el número de herramientas de abrasión a tres es ideal para la potencia neumática. Las tres herramientas de abrasión 240, 250 y 260 mantienen una carga útil relativamente baja. Además, más de tres herramientas de abrasión requerirán un suministro o volumen más grande de aire y aumentarán el peso significativamente. El peso se vuelve un factor cuando se lidia con robots de pintura que tienen cargas útiles bajas. Exceder los límites de carga útil puede provocar que el robot 220 cometa errores o produzca movimientos inestables.

25 La preparación de la superficie puede incluir, a modo no taxativo, lijado, desgaste, pulido y restregamiento. Ejemplos de medios de preparación de superficie incluyen, a modo no taxativo, papel de lija, almohadillas abrasivas no tejidas y medios de pulido. Los medios de preparación de superficie están unidos a las almohadillas de respaldo 245, 255 y 265. En algunas realizaciones, las herramientas de abrasión 240, 250 y 260 pueden tener almohadillas de respaldo de diferentes tamaños y medios de uso de diferentes tipos.

El sistema robótico 210 incluye además un controlador 270 para controlar el robot 220 para mover el efector terminal 230 a una posición y orientación deseadas. El controlador 270 también ordena al efector terminal 230 a funcionar de un modo deseado. El controlador 270 puede ser en base a un procesador.

30 Al mismo tiempo pueden utilizarse múltiples sistemas 210 en una aeronave comercial. Por ejemplo, al menos ocho sistemas 210 pueden realizar la preparación de la superficie al mismo tiempo en una aeronave de carrocería ancha.

35 Ahora se hace referencia a la Figura 3, que ilustra una herramienta de abrasión orbital aleatoria 310. La herramienta de abrasión 310 incluye una almohadilla de respaldo 320 y un medio de preparación de la superficie 330 (por ejemplo, un disco de lijado) asegurado a la almohadilla de respaldo 320. La herramienta de abrasión 310 incluye además un motor 340 para girar la almohadilla de respaldo 320 y mover simultáneamente la almohadilla de respaldo 320 en un recorrido elíptico.

Una primera junta de rótula 350 está conectada a la herramienta de abrasión 310, una segunda junta de rótula 360 está conectada en serie a la primera junta de rótula 350 y un accionador lineal 370 está conectado en serie a la segunda junta de rótula 360. El accionador lineal 370 está asegurado a un cuerpo 380 del efector terminal robótico.

40 Durante la operación, el accionador lineal 370 aplica una fuerza constante a la conexión en serie de la primera y segunda junta de rótula 350 y 360 en la dirección de la flecha F. Las juntas de rótula 350 y 360, a su vez, transmiten la fuerza a la herramienta de abrasión 310. La fuerza presiona la almohadilla de respaldo 320 y el medio de preparación de la superficie 330 contra una superficie de la aeronave 300, mientras el motor 340 gira el medio 330 y mueve el medio 330 en un recorrido elíptico contra la superficie 300.

45 Cada junta de rótula 350 y 360 incluye un primer y un segundo extremo de vástago con una interfaz esférica que puede girarse hasta el ángulo δ . En algunas realizaciones $\delta=35$ grados.

La preparación de la superficie con herramientas de abrasión orbitales produce un mejor acabado de superficie que con otros tipos de herramientas de abrasión, siempre que el medio 330 se mantenga normal a la superficie 300. Sin embargo, las herramientas de abrasión orbitales aleatorias son propensas a la vibración. La vibración puede provocar patrones descontrolados o eliminación durante el lijado, que puede resultar en un acabado no uniforme.

50 Las juntas de rótula conectadas en serie 350 y 360 proporcionan un resultado inesperado: evitan que la herramienta de abrasión 310 vibre durante la operación. Las dos juntas de rótula 350 y 360 permiten movimiento en la dirección horizontal con una fuerza aplicada hacia abajo aplicada a la parte superior de la herramienta de abrasión 310 y centrada.

Al evitar la vibración, la herramienta de abrasión 310 se mantiene normal a la superficie 300. Más aun, se evitan los patrones descontrolados o eliminación durante la preparación de la superficie. Esto es beneficioso ya que es deseable una única herramienta de abrasión orbital aleatoria. Es especialmente beneficioso para los efectores terminales utilizar tres herramientas de abrasión orbital aleatoria.

5 En algunas realizaciones, el accionador lineal 370 incluye un cilindro de compresión doble neumático conectado a la segunda junta de rótula 360. El cilindro de compresión proporciona una fuerza lineal que utiliza aire comprimido. El cilindro de compresión es rígido en la dirección del movimiento de la almohadilla. Un cilindro de compresión de acción doble es ventajoso debido a que la presión se mantiene constante en toda la carrera. En contraste, en un cilindro de accionamiento único, la fuerza cambiará en base al desplazamiento de un resorte interno.

10 Ahora se hace referencia a la Figura 4, que ilustra un ejemplo específico de un efector terminal 410 incluyendo una primera, segunda y tercera herramienta de abrasión orbital aleatoria 420 soportada por un cuerpo del efector terminal 430. El cuerpo 430 mantiene las herramientas de abrasión 420 de modo que sus almohadillas de respaldo 422 están en una disposición triangular.

15 El cuerpo del efector terminal 430 incluye placas superior e inferior 432 y 434 separadas. Estas placas 432 y 434 portan tres cilindros de compresión doble neumáticos 440. El cuerpo 430 incluye además tres ménsulas 436 suspendidas de la placa inferior 434. Cada ménsula 436 está ubicada debajo de un cilindro neumático correspondiente 440. Cada ménsula 436 soporta una herramienta de abrasión 420 y juntas de rótula conectadas en serie 450. Cada junta de rótula superior está conectada a su cilindro neumático correspondiente 440. Cada ménsula 436 incluye ranuras 438 para permitir que su herramienta de abrasión 420 se mueva hacia arriba y abajo (se retraiga y extienda) por su cilindro neumático correspondiente 440. Los pasadores guía 460 pueden utilizarse para limitar el rango de retracción/extensión y también para prevenir que la herramienta de abrasión 420 gire.

20 Se hace referencia adicional a la Figura 5. Las herramientas de abrasión 420 y los cilindros neumáticos 440 son operables independientemente, por los cuales una o dos herramientas de abrasión 420 pueden retraerse y las herramientas de abrasión restantes 420 extenderse para realizar una preparación de la superficie (la Figura 5 muestra una herramienta de abrasión 420 extendida). Al retraer una o dos de las herramientas de abrasión 420 y operar sólo las herramientas de abrasión extendidas 420, el efector terminal 410 se configura para preparar áreas de superficie más pequeñas. Al extender y operar las tres herramientas de abrasión 420, ese mismo efector terminal 410 se configura para preparar grandes áreas de superficie abiertas.

25 Se hace referencia nuevamente a la Figura 4, que muestra brechas entre las almohadillas de respaldo 422 de las herramientas de abrasión 420. Las juntas de rótula en serie 450 permiten un movimiento lateral de las herramientas de abrasión 420. Estas brechas permiten que las herramientas de abrasión 420 funcionen sin que sus almohadillas de respaldo 422 se golpeen entre sí.

30 Los transductores de presión (no se muestran) regulan el aire comprimido para permitir que los cilindros neumáticos 440 apliquen fuerza constante independientemente de la orientación. Por ejemplo, estos transductores permiten que el efector terminal 410 se oriente invertido, aun así permiten que las herramientas de abrasión 420 apliquen la misma fuerza que aquellos que están al derecho. Los transductores pueden regular la presión de entrada a través de un voltaje CC. Los transductores pueden estar alojados en el controlador 270 (que se muestra en la Figura 2).

35 La combinación de los cilindros de compresión 440 y la disposición triangular de las almohadillas de respaldo 422 permite que el efector terminal 410 mantenga patrones de carrera o recorrido consistentes. El robot tiene un rango limitado de movimiento. Para mantener el mismo patrón de recorrido mientras se acerca a sus límites, el robot ajusta su movimiento mediante rotación del efector terminal 410. Las tres almohadillas de respaldo 422 permiten cambios de 120 grados sin cambiar el patrón de recorrido. Ver la Figura 6, que muestra una primera orientación de la almohadilla de respaldo en línea continua y un patrón girado en línea punteada.

40 La Figura 4 también muestra una realización de un robot que utiliza una muñeca robótica 470. La muñeca 470, que está unida a la placa superior 432, puede posicionar los cilindros neumáticos 440 en diferentes orientaciones (por ejemplo, 0, 30, 45 y 90 grados). Una muñeca 470 tal como una muñeca esférica permite tres grados de libertad.

Algunas realizaciones del robot también pueden incluir un sistema de posicionamiento x-y-z (no se muestra en la Figura 4). Cuando el sistema de posicionamiento x-y-z se combina con la muñeca robótica 470, el robot tiene seis grados de libertad para posicionar el efector terminal con respecto a una superficie de una aeronave.

45 El robot puede tener grados adicionales de libertad. Por ejemplo, el robot puede incluir un sistema de carriles para el movimiento a lo largo de la aeronave (por ejemplo, entre la nariz y la cola).

El robot también puede incluir un brazo robótico para mover el efector terminal 410 verticalmente. El brazo puede tener una longitud que permite que el efector terminal 410 alcance la panza y corona de la aeronave.

50 Ahora se hace referencia a la Figura 7, que ilustra un robot de seis ejes 710 que incluye un brazo robótico 720. El brazo 720 puede extenderse desde la muñeca robótica 470. Los ejes están etiquetados A1 a A6.

La Figura 8 ilustra un patrón para preparar una superficie restringida tal como una puerta. Las líneas negras 810 representan un recorrido programado que el efector terminal 410 puede seguir cuando se mueve por la superficie. El patrón es esencialmente serpenteante. El robot 710 es el centro del recorrido.

5 El eje blanco 820 representa los puntos a los cuales viaja el robot 710. El movimiento del robot puede basarse en movimientos de punto a punto. Como se puede ver, las orientaciones de los ejes 820 no son todas iguales. Esto es debido a que el robot 710 necesita maniobrar alrededor del área de superficie restringida y también debido a que el robot 710 tiene límites del eje en sus juntas. Por lo tanto, es incapaz de mantener la misma orientación en su alcance más lejano. La combinación de la rotación y retracción permite que el efector terminal 410 alcance los puntos más lejanos.

10 Para grandes áreas abiertas, el robot 710 puede mover el efector terminal 410 en carreras verticales u horizontales. Puede haber una superposición dependiendo del grosor de la película (un recubrimiento más grueso requiere abrasión adicional) y el tipo de abrasión que se utiliza.

15 Ahora se hace referencia a la Figura 9, que ilustra un método para operar el sistema robótico durante la preparación de la superficie en un fuselaje de una aeronave. Debido a que el fuselaje tiene una superficie tan grande, la preparación de la superficie puede realizarse en secciones. Cada sección puede basarse en la capacidad de alcance del sistema robótico.

En el recuadro 900, el robot se mueve a una ubicación a lo largo del fuselaje. Una ubicación de partida puede ser la nariz del fuselaje. El robot puede moverse por un sistema de carriles o vehículo de transporte. En la ubicación, las diversas secciones del fuselaje pueden estar dentro del alcance del sistema robótico.

20 En el recuadro 910, el robot mueve el efector terminal a una posición de partida de una sección del fuselaje. En el recuadro 920, el efector terminal se configura para realizar una preparación de la superficie en esa sección. Configurar el efector terminal puede incluir configurar su presión en base a la ubicación del fuselaje y luego extender una o más de las herramientas de abrasión. Si el área es grande, se extenderán las tres herramientas de abrasión. Si el área es más pequeña, se extenderá sólo una o dos herramientas de abrasión. Las configuraciones de presión tomarán en cuenta la gravedad. Considere la preparación de la panza y corona de una aeronave. Durante la preparación de la panza, el efector terminal se encuentra debajo de la panza y la gravedad empuja al efector terminal lejos de la panza. Durante la preparación de la corona, el efector terminal se encuentra por encima de la corona y la gravedad empuja al efector terminal hacia la corona. Las configuraciones de presión permiten que la misma fuerza constante sea aplicada a la panza del fuselaje y a la corona.

25 30 En el recuadro 930, las herramientas de abrasión extendidas se accionan y se mueven en un patrón sobre la sección. Se realiza la preparación de la superficie en esa sección.

35 En el recuadro 940, una vez que la preparación de la superficie en esa sección ha sido completada, las herramientas de abrasión son retraídas. Si una sección adicional en la ubicación requiere preparación (recuadro 950), el robot mueve el efector terminal a una sección diferente dentro de su alcance (recuadro 910). Si todas las secciones han sido preparadas (recuadro 950) pero ubicaciones adicionales permanecen (recuadro 960), el robot es movido a una ubicación diferente para trabajo adicional (recuadro 900).

40 Este proceso puede repetirse hasta que la preparación de la superficie en el fuselaje ha sido completada (recuadro 960). De este modo, la preparación de la superficie del fuselaje puede realizarse desde la nariz a la cola siendo movido el robot en esencialmente un recorrido recto sin tener que cambiar las herramientas del efector terminal. La preparación de la superficie se realiza rápidamente con un acabado excelente.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Un método que comprende utilizar un efector terminal robótico (230, 410) para realizar la preparación de la superficie en una superficie (300) de un componente de la aeronave, incluyendo el efector terminal (230, 410) una primera, segunda y tercera herramienta de abrasión (240, 250, 260, 420) que tienen sus almohadillas de respaldo (246, 255, 265, 422) en una disposición triangular, caracterizándose el método por extender, retraer y operar selectivamente las herramientas de abrasión (240, 250, 260, 420) para aplicar el efector terminal (230, 410) a diferentes tamaños de área de superficie.
2. El método de la reivindicación 1 que comprende, además, mover el efector terminal robótico (230, 410) a lo largo de la aeronave desde la nariz a la cola, y configurar el efector terminal (230, 410) en cada área.
- 10 3. El método de la reivindicación 1 o 2 que comprende, además, aplicar una presión constante a las herramientas de abrasión (240, 250, 260, 420) a través de juntas de rótula conectadas en serie (350, 360, 50).
- 15 4. Un sistema robótico (210) que comprende un efector terminal robótico (230, 410) que incluye una primera, segunda y tercera herramienta de abrasión (240, 250, 260, 420) que tienen almohadillas de respaldo (246, 255, 265, 422) dispuestas en una disposición triangular, **caracterizado porque** las herramientas de abrasión (240, 250, 260, 420) se giran como un grupo alrededor de un eje (C), en donde cada herramienta de abrasión es retráctil y extensible independientemente y las herramientas de abrasión son independientemente operables.
5. El sistema de la reivindicación 4, en donde los centros nominales de las almohadillas de respaldo (246, 255, 265, 422) forman un triángulo equilátero.
- 20 6. El sistema de la reivindicación 4 o 5, en donde las herramientas de abrasión (240, 250, 260, 420) son herramientas de abrasión orbital aleatoria.
7. El sistema de cualquiera de las reivindicaciones 4 a 6 que comprende, además, un ensamblaje de junta de rótula para cada herramienta de abrasión, cada ensamblaje de junta de rótula que incluye una primera junta de rótula (350) conectada a su herramienta de abrasión correspondiente y una segunda junta de rótula (360) conectada entre la primera junta de rótula y el efector terminal robótico (230, 410).
- 25 8. El sistema de la reivindicación 7, en donde cada junta de rótula (350, 360) tiene una rotación de no más de 15 grados.
9. En sistema de la reivindicación 7 u 8, en donde cada ensamblaje de junta de rótula también incluye un accionador lineal (370), conectado a la segunda junta de rótula (360), para aplicar presión constante a su herramienta de abrasión correspondiente.
- 30 10. En sistema de la reivindicación 9, en donde el accionador lineal (370) incluye un cilindro de compresión doble neumático (440) y un regulador de presión para regular la presión en el cilindro (440) de modo que una fuerza constante es aplicada a su herramienta de abrasión correspondiente.
11. El sistema de cualquiera de las reivindicaciones 4 a 10 que comprende, además, un robot (710) que tiene al menos seis ejes para posicionar y orientar el efector terminal (230, 410).
- 35 12. El sistema de la reivindicación 11, en donde el robot (710) incluye un brazo robótico (720) y una muñeca (470).

FIG. 1

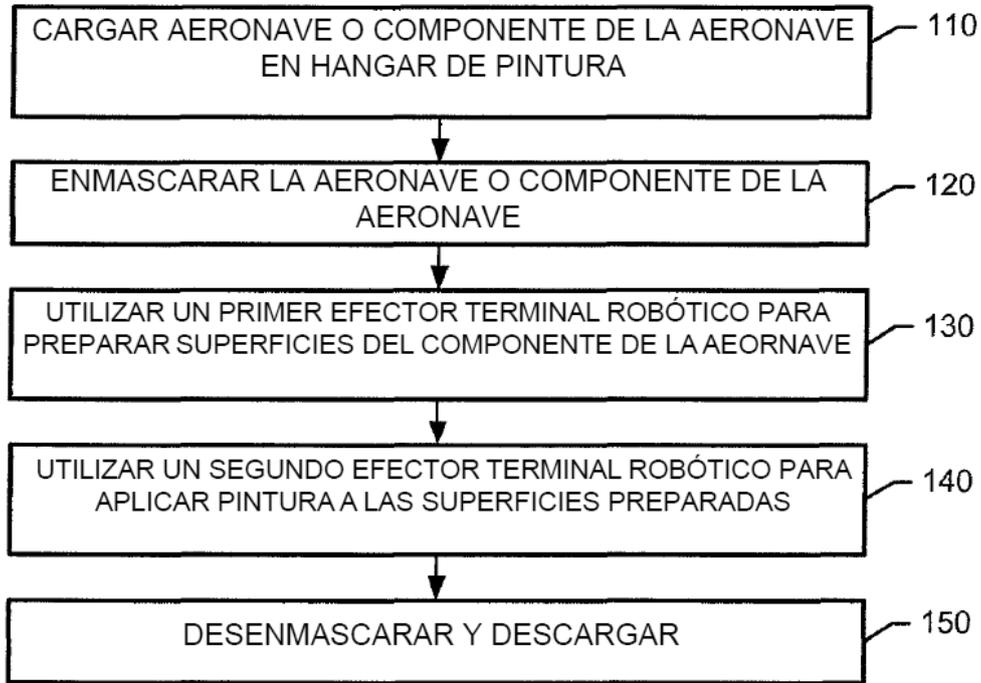


FIG. 2

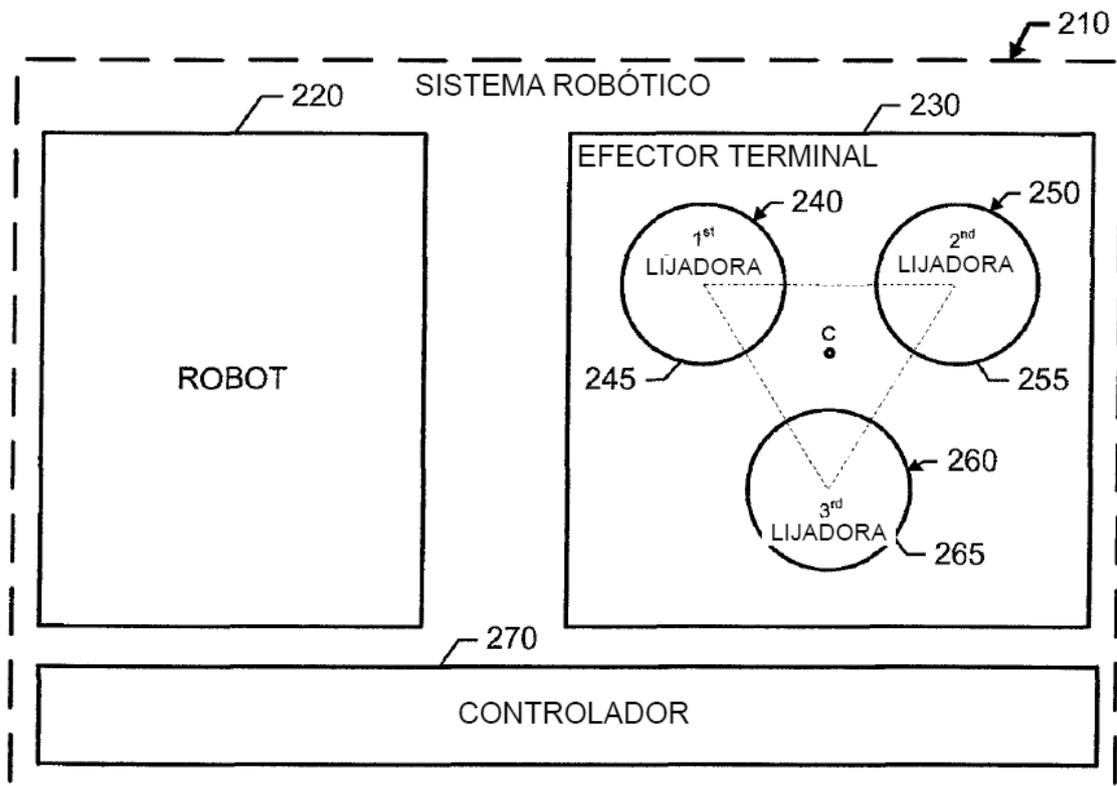


FIG. 3

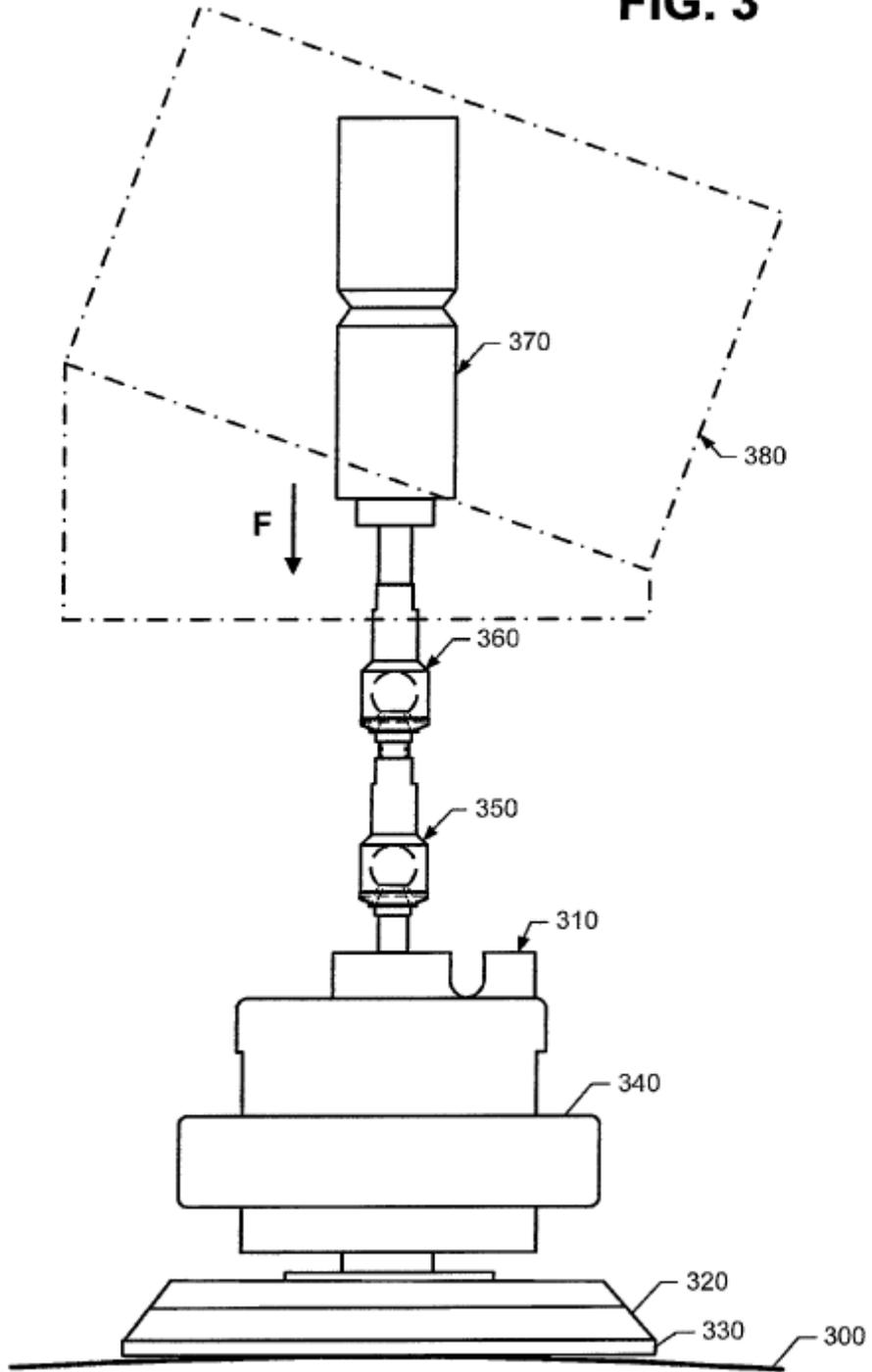


FIG. 4

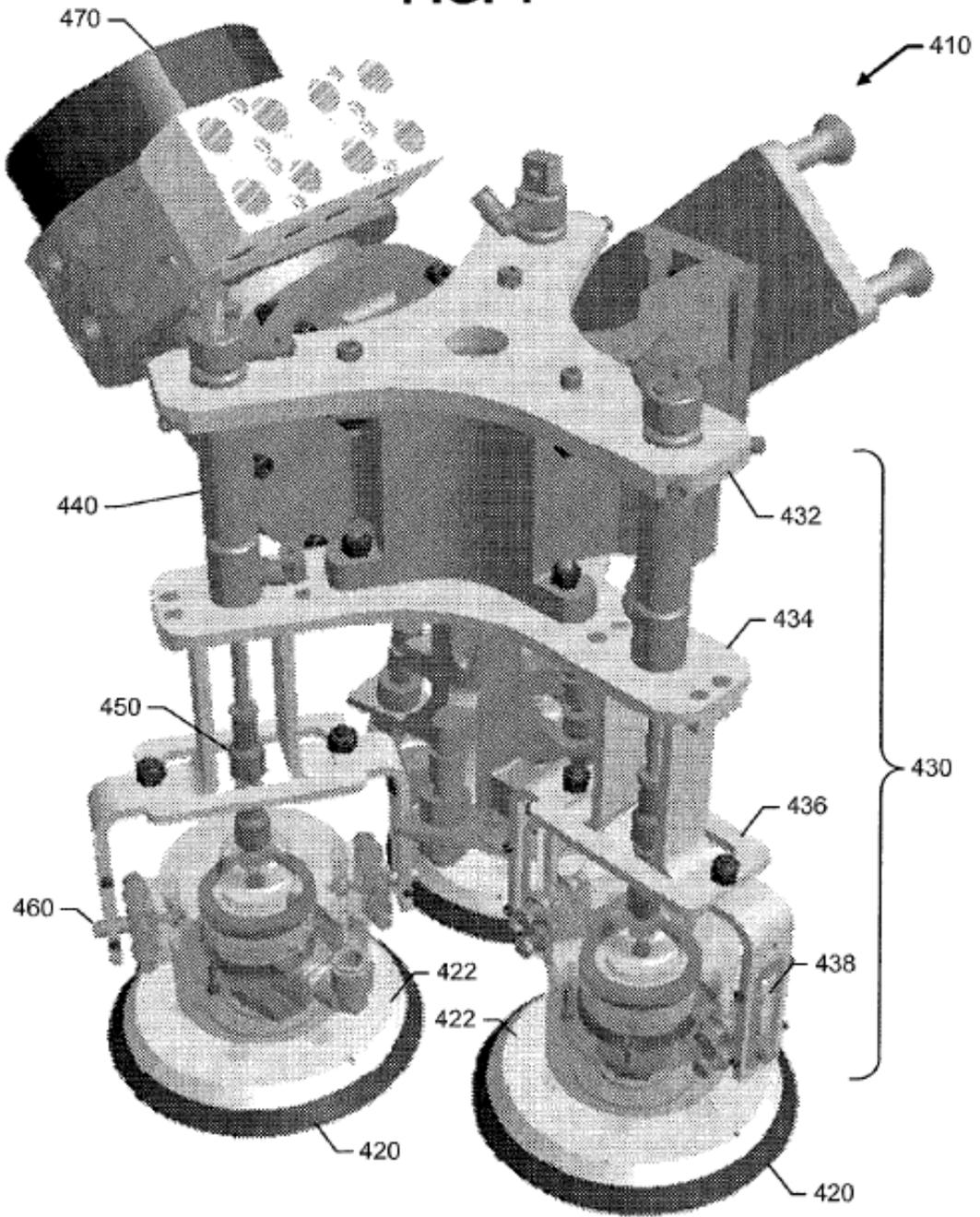


FIG. 5

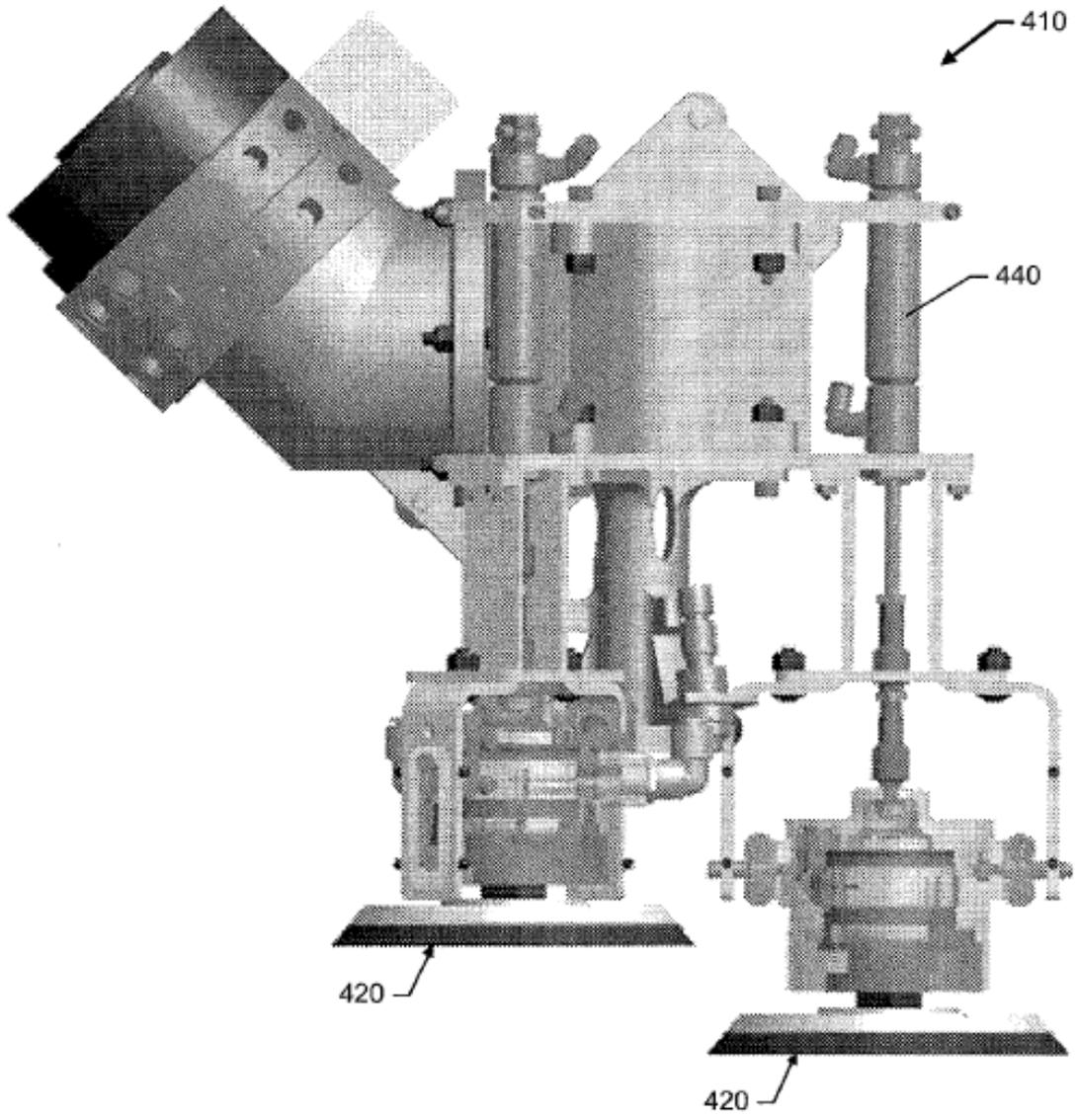


FIG. 6

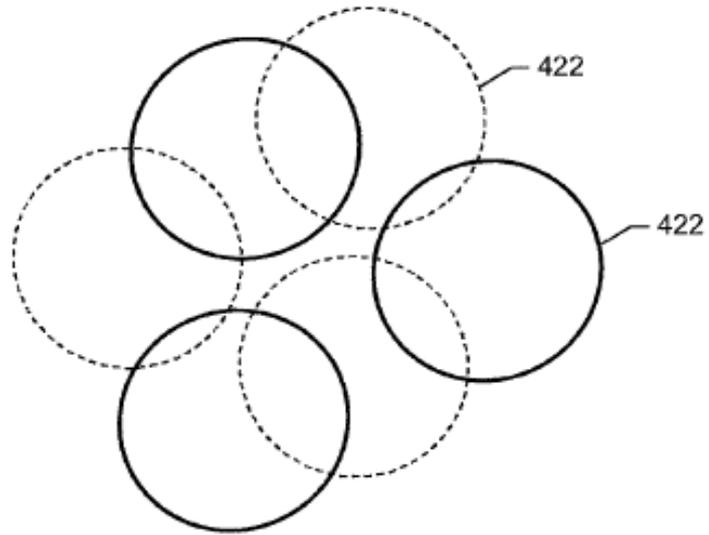


FIG. 7

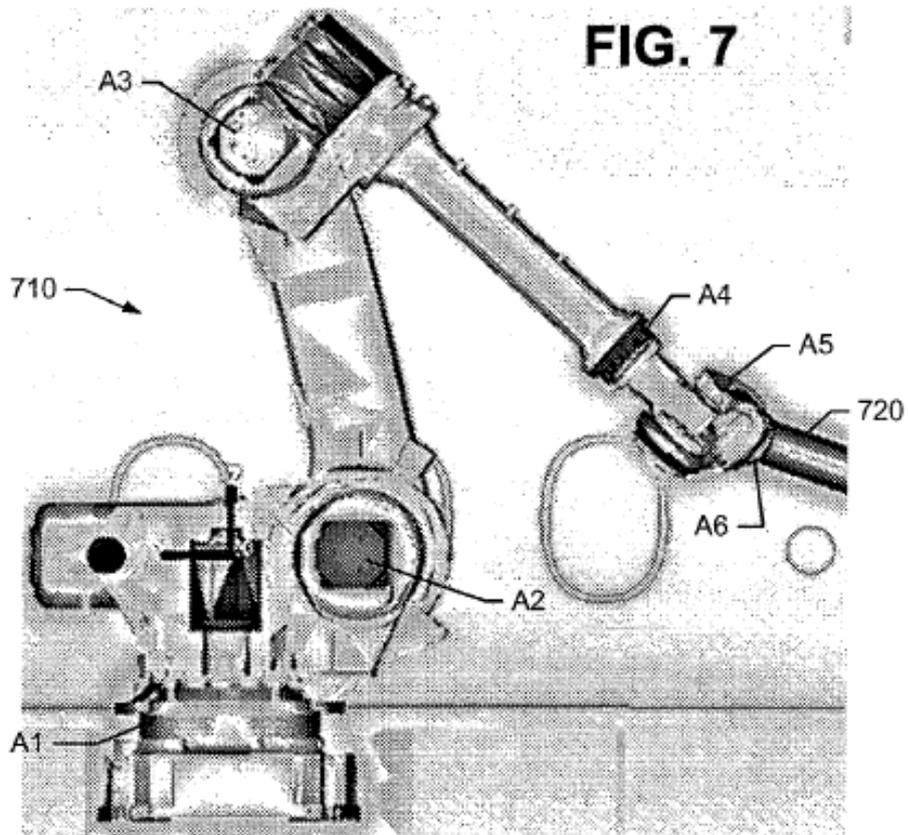


FIG. 8

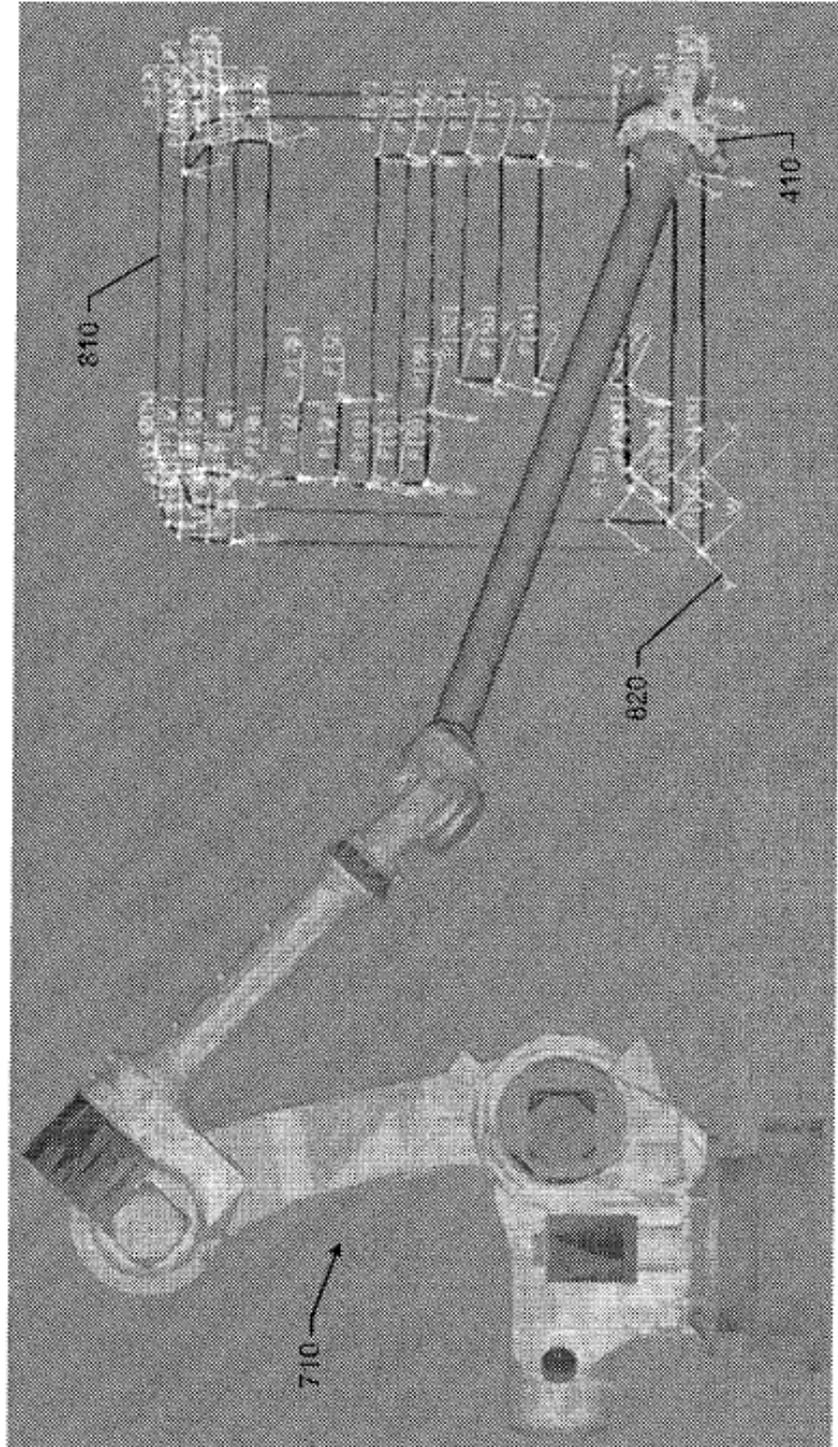


FIG. 9

