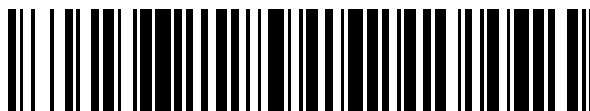


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 784 153**

51 Int. Cl.:

B29C 70/38	(2006.01)
B25J 9/16	(2006.01)
B25J 13/08	(2006.01)
B25J 15/06	(2006.01)
B25J 19/02	(2006.01)
B25J 15/00	(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **16.05.2012 PCT/US2012/038139**

87 Fecha y número de publicación internacional: **27.12.2012 WO12177340**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **16.05.2012 E 12724465 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **19.02.2020 EP 2723553**

54 Título: **Sistema de laminado automatizado de chapas y método de colocación**

30 Prioridad:
22.06.2011 US 201113166306

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
22.09.2020

73 Titular/es:
**THE BOEING COMPANY (100.0%)
100 North Riverside Plaza
Chicago, IL 60606-1596, US**

72 Inventor/es:
**SANGARI, SAMRA S.;
WILLDEN, KURTIS S.;
COBB, JAMES M.;
BUCKUS, GARY M.;
CRESPO, CARLOS y
PEDIGO, SAMUEL F.**

74 Agente/Representante:
CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 784 153 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 de laminado automatizado de chapas y método de colocación

Campo técnico

5 La presente divulgación se refiere en general a la fabricación de estructuras laminadas, especialmente aquellas formadas por compuestos y trata más particularmente de un sistema para el laminado automatizado de chapas sobre una herramienta.

Antecedentes

10 Durante la fabricación de estructuras laminadas a gran escala, pueden colocarse secuencialmente un grupo de chapas como un kit en localizaciones particulares de una herramienta para reforzar, endurecer o proporcionar en otra forma una estructura con las características estructurales o de rendimiento deseadas. El uso de un kit de chapas puede ser eficiente en algunas aplicaciones dado que libera al equipo de laminado automatizado de cintas de la colocación de muchas chapas relativamente pequeñas en áreas localizadas. Los kit de chapas pueden usarse, por ejemplo y sin limitación, allí donde sea deseable llenar huecos entre largueros y estructuras de un fuselaje usando un relleno de compuesto. El relleno comprende un conjunto de chapas de relleno laminadas que se colocan secuencialmente sobre la herramienta antes de que las chapas completas se coloquen sobre el relleno. Las chapas de relleno pueden colocarse dentro de bolsillos en la herramienta que están especialmente conformados y localizados para formar un relleno con forma cuando el bolsillo está lleno con chapas. En el pasado, el proceso de laminado se realizó a mano.

20 Las técnicas de laminado manual pueden requerirse en otras aplicaciones. Por ejemplo, puede ser necesario laminar chapas, tales como duplicadores en localizaciones precisas sobre un sustrato con relación a los otros. Usando técnicas de laminado manual, el técnico debe colocar cada chapa individual sobre el sustrato en una localización precisa respecto a otras chapas. Más aún, la técnica de laminado manual requiere la colocación de chapas de una en una y el tamaño de las chapas está limitado al que el técnico puede manejar manualmente. En otras aplicaciones, puede ser necesario el laminado manual en donde el material de chapa es relativamente delicado y/o sometido a arrugado, plegado o rasgado cuando se procesa por máquinas de AFP. Por ejemplo, la protección del avión contra rayos puede conseguirse mediante la aplicación de una red de delgadas láminas de cobre al revestimiento exterior del avión. Las rejillas se montan una a una mediante laminado manual de cientos de piezas de láminas relativamente pequeñas y delgadas de cobre que pueden estar sometidas a arrugado, mellado, plegado y/o rasgado durante el proceso de laminado.

30 Las técnicas de laminado manual descritas anteriormente son consumidoras de tiempo, intensivas en mano de obra y pueden no estar bien adecuadas a entornos de producción más elevados. Por consiguiente, existe una necesidad de un sistema de laminado automatizado que reduzca la labor manual y el tiempo de laminado y proporcione una colocación precisa y fiable de las chapas de material sobre un sustrato tal como una herramienta. Existe también una necesidad de un proceso de laminado que permita la colocación de grandes chapas para reducir el número total de chapas que es necesario colocar para formar una estructura.

35 El documento DE 20 2007 006 528, de acuerdo con su resumen, describe un aparato de manejo para piezas de material, en el que el aparato de manejo tiene uno o más dispositivos de manejo, que son un manipulador de eje múltiple con una herramienta de manejo para la recepción y dispersión de al menos una pieza de material, en el que la herramienta de manejo tiene al menos un portador de material rotativo, que se forma como un carril o portador de material para la recepción de una pluralidad de piezas de material.

40 El documento EP 1857260, de acuerdo con su resumen, divulga el establecimiento de sistemas y métodos para la supervisión de procesos de fabricación de compuestos automatizados. Un método incluye la realización de una operación de fabricación sobre una parte de una pieza en elaboración usando una herramienta móvil con relación a la pieza en elaboración. Simultáneamente a la realización de la operación de fabricación, la herramienta se traslada con relación a la pieza en elaboración y se supervisa una parte de la pieza en elaboración sobre la que la herramienta ha realizado la operación de fabricación. La supervisión incluye la iluminación de una tira iluminada de la pieza en elaboración usando un láser y la recepción de un haz reflejado desde la tira iluminada al interior de una cámara. Las señales de salida de la cámara pueden analizarse para detectar y caracterizar una característica de interés, en donde la característica de interés puede incluir un borde, un solape, un hueco, una arruga y residuos de objetos extraños.

Sumario

50 Se describe en el presente documento un sistema para el laminado de chapas de compuesto en localizaciones preseleccionadas; que comprende un robot; un efector terminal sobre el robot para la elevación de una chapa desde un kit de chapas y la colocación de la chapa en una localización preseleccionada, comprendiendo el efector terminal un escáner; una cámara; un agarrador; y un sensor de fuerza; una cámara fija para la grabación de la posición de la

chapa sobre el efector terminal; y un controlador acoplado con el robot y el efector terminal, en el que el escáner está sobre el efector terminal para la detección de características con relación a la localización en la que ha de colocarse la chapa; en el que la cámara funciona para registrar imágenes de las chapas en el kit de chapas que se procesan mediante un software de reconocimiento de imágenes que forma parte del controlador para reconocer y seleccionar chapas individuales en una secuencia de colocación; en el que el agarrador se configura para agarrar de modo liberable una o más chapas sobre el efector terminal hasta que estén listas para la colocación en la localización preseleccionada; en el que el controlador recibe entradas desde el escáner, cámara, sensor de fuerza y cámara fija y funciona para controlar la operación del robot y del efector terminal para colocar la chapa en la localización preseleccionada.

10 También se divulga en el presente documento un método de colocación de chapas en localizaciones predeterminadas sobre un sustrato, comprendiendo recoger una chapa mediante el agarre de la chapa con un efector terminal, comprendiendo el efector terminal un escáner, una cámara, un agarrador y un sensor de fuerza; mover la chapa a un área adyacente a una localización predeterminada en la que ha de colocarse la chapa mediante el movimiento del efector terminal al área adyacente a la localización predeterminada; grabar la posición de la chapa sobre el efector terminal usando una cámara fija; orientar la chapa con relación a la localización predeterminada en la que ha de colocarse la chapa; colocar la chapa orientada en la localización predeterminada sobre el sustrato usando el efector terminal, en el que el método comprende además usar el escáner sobre el efector terminal para detectar características relacionadas en la localización en la que ha de colocarse la chapa, en donde el uso del efector terminal para colocar las chapas se basa en las características detectadas y mover el efector terminal al área adyacente de la localización predeterminada se realiza usando un manipulador robótico automáticamente controlado, conectados el manipulador robótico y el efector terminal con un controlador que recibe entradas desde el escáner, cámara, sensor de fuerza y cámara fija y funciona para controlar el funcionamiento del efector terminal y manipulador robótico; y el uso de la cámara (30) sobre el efector terminal para identificar la chapa a ser recogida y movida.

25 Las realizaciones divulgadas proporcionan un sistema de laminado automatizado que está bien adaptado a la colocación de grupos de chapas, tales como los rellenos, duplicadores así como otros tipos de chapas de dotación para una variedad de aplicaciones. El proceso de seleccionar una chapa deseada en secuencia desde un kit de chapas, transferir la chapa seleccionada a una herramienta y la colocación de la chapa en la localización correcta sobre la herramienta se realizan automáticamente mediante un efector terminal robóticamente controlado. El efector terminal reconoce ópticamente la chapa correcta a ser elevada desde el kit y detecta características sobre la herramienta que se usan para localizar la chapa durante la colocación y compactación de la chapa. El sistema puede reducir o eliminar el arrugado de chapas y puede proporcionar un control más preciso del proceso de laminado. Pueden recogerse y colocarse una variedad de chapas por el efector terminal tales como, sin limitación, termoplásticos, preimpregnados, láminas metálicas y capas de adhesivo, por citar unos pocos. El efector terminal puede emplearse para inspeccionar previamente un área localizada de una herramienta antes de que se coloquen las chapas sobre la herramienta o inspeccionar posteriormente la chapa colocada para asegurar su alineación apropiada.

40 De acuerdo con una realización divulgada, se proporciona un sistema para la colocación de chapas de compuesto en localizaciones preseleccionadas. Un efector terminal sobre un robot eleva una chapa y coloca la chapa en una localización preseleccionada. Se proporciona una cámara fija para grabar la posición de la chapa sobre el efector terminal y se conecta un controlador con el robot y el efector terminal para colocar la chapa. El efector terminal puede incluir un agarrador accionado por vacío para agarrar la chapa cuando se eleva en su preparación para colocación. La cámara fija puede configurarse para ver la chapa. El sistema comprende adicionalmente una cámara sobre el efector terminal conectada con el controlador para ver la chapa antes de que se eleve por el efector terminal y el controlador puede incluir software para reconocer y seleccionar la chapa de entre una pluralidad de chapas. El sistema incluye también un detector sobre el efector terminal para detectar la localización de características en la ubicación de colocación que se usan para ajustar la colocación de la chapa. En una realización, el detector puede comprender un escáner láser en 3-D. El efector terminal sobre el robot se usa para aplicar una fuerza de compactación a la chapa cuando se está colocando y el sistema comprende además un sensor de fuerza sobre el efector terminal para detectar la cantidad de fuerza de compactación.

50 De acuerdo con otra disposición, se proporciona un sistema para colocar automáticamente chapas sobre un sustrato. El sistema comprende un efector terminal para colocar cada una de las chapas sobre el sustrato y un robot para manipular el efector terminal. Se proporciona un detector sobre el efector terminal para detectar características en la herramienta. El controlador conectado con el detector sobre el robot controla el efector terminal para colocar la chapa sobre el sustrato en una localización basándose en las características detectadas sobre el sustrato. El detector puede ser un escáner láser adaptado para escanear la superficie del sustrato. El sistema puede comprender además una cámara sobre el efector terminal para grabar una imagen de la chapa antes de que se eleve la chapa y un controlador puede incluir software de reconocimiento de objetos para reconocer la imagen grabada por la cámara. El sistema puede comprender además una cámara para grabar una imagen de la chapa sobre el efector terminal, en el que el controlador es operativo para determinar la posición de las chapas sobre el efector terminal después de ser elevada.

60 De acuerdo con otra realización, se proporciona un método de colocación de chapas en localizaciones predeterminadas sobre un sustrato. El método comprende recoger una chapa, mover la chapa a un área adyacente a

una localización predeterminada sobre un sustrato, orientar la chapa con relación a la localización predeterminada en la que ha de colocarse la chapa y colocar la chapa en la localización predeterminada sobre el sustrato. Se usa un efector terminal para recoger la chapa y moverla a un área adyacente al sustrato. El efector terminal se usa para detectar características sobre el sustrato que representan una localización predeterminada en la que ha de colocarse la chapa. El efector terminal también se usa para colocar la chapa sobre el sustrato basándose en las características detectadas. La recogida de la chapa puede incluir agarrar la chapa sobre el efector terminal manteniendo la chapa contra el efector terminal con un vacío. El movimiento del efector terminal al área adyacente a la de la herramienta se realiza usando un manipulador robótico automáticamente controlado. Usar el efector terminal para detectar características sobre el sustrato incluye usar un escáner sin contacto para escanear la superficie del sustrato. El método puede comprender además usar el efector terminal para compactar la chapa contra el sustrato y usar un sensor sobre el efector terminal para detectar la fuerza de compactación aplicada por el efector terminal a la chapa.

De acuerdo con una disposición adicional, se proporciona un método de fabricación de una estructura de compuesto de avión. El método comprende proporcionar una pluralidad de chapas de compuesto y usar un efector terminal robóticamente controlado para recoger una de las chapas. El método incluye también determinar la posición de las chapas sobre el efector terminal y usar el efector terminal para mover la chapa al área de la herramienta. Se usa el efector terminal para colocar la chapa sobre la herramienta basándose en la posición de la chapa sobre el efector terminal. El efector terminal puede usarse también para identificar la chapa a ser recogida.

De acuerdo con otra disposición más, un método para reducir el tiempo requerido para fabricar una estructura de compuesto multi-chapa comprende el uso de una máquina de laminado de cinta controlada automáticamente para laminar recorridos de cinta de compuesto que forman chapas sobre una herramienta y el uso de un efector terminal robóticamente controlado para colocar chapas sobre áreas locales de la herramienta.

De acuerdo con la presente invención, el método puede incluir usar un agarrador electroadhesivo para agarrar la chapa y colocar la chapa agarrada sobre el sustrato. El uso del agarrador electroadhesivo para agarrar la chapa incluye adherir la chapa al agarrador generando una fuerza adhesiva electrostática entre el agarrador y la chapa.

De acuerdo con otra disposición más, se proporciona un método de colocación de chapas de lámina metálica conductora sobre un revestimiento de avión. El método comprende usar un efector terminal para recoger las chapas, incluyendo el uso de una fuerza adhesiva electrostática para agarrar las chapas y mover el efector terminal a un área sobre el revestimiento. El método comprende además usar el efector terminal para colocar las chapas sobre el revestimiento. Colocar las chapas sobre el revestimiento incluye liberar la fuerza adhesiva electrostática que agarra las chapas sobre el efector terminal. El agarre de las chapas incluye generar campos electrostáticos sobre el agarrador y usar los campos electrostáticos para inducir cargas electrostáticas sobre la chapa.

De acuerdo con otra disposición más, se proporciona un sistema para colocación de chapas sobre un sustrato, que comprende un efector terminal que incluye un agarrador electrostático para agarrar de modo liberable las chapas usando una fuerza adhesiva electrostática y un manipulador robótico para manipular el efector terminal. El sistema comprende además un controlador programado para controlar automáticamente el funcionamiento del manipulador robótico y el agarrador electrostático. El agarrador electrostático incluye una pluralidad de plaquitas de electrodo positivo y negativo alternadas a ser conectadas con una fuente de alimentación eléctrica. El agarrador incluye una placa de apoyo y las plaquitas de electrodos se localizan sobre la placa de apoyo. Un recubrimiento polimérico recubre protectoramente las plaquetas de electrodo. El sistema comprende además un dispositivo para grabar la posición de la chapa sobre el efector terminal y un detector sobre el efector terminal para detectar características sobre el sustrato en el que han de colocarse las chapas.

Otras características, beneficios y ventajas de las realizaciones divulgadas serán evidentes a partir de la siguiente descripción de las realizaciones, cuando se ven de acuerdo con los dibujos adjuntos y reivindicaciones adjuntas

Breve descripción de las ilustraciones

La FIG. 1 es una ilustración de un diagrama de bloques funcional de un sistema de laminado de chapas automatizado de acuerdo con las realizaciones divulgadas.
 La FIG. 2 es una ilustración de una vista en perspectiva del sistema de laminado de chapas automatizado mostrado en la FIG. 1.
 La FIG. 3 es una ilustración de una vista en perspectiva del efector terminal que forma parte del sistema mostrado en las FIGS. 1 y 2.
 La FIG. 4 es una ilustración de una vista en perspectiva mostrando el efector terminal escaneando la superficie de la herramienta para identificar características de un bolsillo de herramienta.
 La FIG. 5 es una ilustración de un diagrama de flujo de un método para laminado automatizado de chapas de relleno.
 La FIG. 6 es una ilustración similar a la FIG. 5 pero mostrando un método para laminado automatizado de chapas duplicadoras.

La FIG. 7 es una ilustración de un diagrama de bloques funcional de un aparato para la colocación de chapas.

La FIG. 8 es una ilustración de un diagrama de flujo de un método de colocación de chapas usando el aparato mostrado en la FIG. 7.

5 La FIG. 9 es una ilustración de una vista en perspectiva del efector terminal que forma parte del aparato mostrado en la FIG. 7.

La FIG. 10 es una ilustración de una vista en perspectiva similar a la FIG. 9, pero mostrando una chapa que se ha recogido y agarrado por el efector terminal.

La FIG. 11 es una ilustración de una vista en sección tomada a lo largo de la línea 11-11 en la FIG. 10.

10 La FIG. 12 es una ilustración de una vista en sección de una realización alternativa del agarrador electroadhesivo mostrado en la FIG. 7.

La FIG. 13 es una ilustración de una vista en perspectiva similar a las FIGS. 9 y 10, pero mostrando tres chapas agarradas por el agarrador electromagnético.

La FIG. 14 es una ilustración similar a la FIG. 13, pero mostrando tiras de un metal conductor que se ha recogido por el efector terminal en preparación para la colocación sobre un sustrato.

15 La FIG. 15 es una ilustración de un diagrama de flujo de una metodología de producción y mantenimiento de aviones.

La FIG. 16 es una ilustración de un diagrama de bloques de un avión.

Descripción detallada

20 Con referencia primero a la FIG. 1, las realizaciones divulgadas se refieren a un sistema de laminado de chapas automatizado indicado en general por el número 18 que coloca 25 automáticamente chapas 48 sobre un sustrato 21 tal como una herramienta 28 o una chapa previamente colocada (no mostrada) sobre la herramienta 28. Las chapas 48 forman parte de un kit de chapas 24 que comprende un número preseleccionado de chapas 48 que tienen las mismas o diferentes orientaciones de fibra que están dirigidas a ser colocadas sobre la herramienta 28 en una secuencia predeterminada para formar una característica tal como un duplicador (no mostrado) o relleno (no mostrado) en una estructura de compuesto (no mostrada). Las chapas 48 se colocan 25 en localizaciones específicas sobre la herramienta 28 durante el proceso de laminado. En la realización ilustrada, la chapas 48 se colocan secuencialmente 25 en uno o más bolsillos 26 en la herramienta. Aunque se describe en los ejemplos ilustrados el laminado de chapas de compuesto 48, las realizaciones divulgadas pueden emplearse para laminado o colocación de otros objetos especialmente aquellos en la forma de materiales planos o similares a láminas flexibles o no flexibles, incluyendo sin limitación, plásticos, cerámicas y metales y compuestos de diversas formas, que pueden ser eléctricamente conductores o no conductores. Por consiguiente, el término "chapa" tal como se usa en el presente documento está dirigido a incluir una amplia variedad de formas y materiales.

30 El sistema de colocación de chapas automatizado 18 comprende de modo amplio un efector terminal 20 montado sobre un robot 22 o manipulador automáticamente controlado similar, una cámara fija 42 y un controlador 44. El efector terminal 20 comprende un escáner 36, una cámara 30, un agarrador de vacío 32 y un sensor de fuerza 34. La cámara 30 funciona para registrar imágenes de las chapas 40 en el kit 24 que se procesan mediante un software de reconocimiento de imágenes 45 que forma parte del controlador 44 para reconocer y seleccionar 27 chapas 48 individuales en la secuencia de colocación apropiada. El agarrador de vacío 32 puede conectarse con un sistema de vacío 40 y funciona para agarrar 29 de modo liberable chapas 48 individuales para mantener 29 la chapa 48 sobre el efector terminal 20 hasta que esté lista para colocación 25 sobre la herramienta 28. El agarrador de vacío 32 puede conectarse también a un suministro de aire 43 presurizado. El suministro de aire 43 puede usarse para aplicar una presión positiva a la chapa 48 que pueda ayudar a la liberación de la chapa 48 tras su colocación. El efector terminal 20 puede equiparse con otros tipos de agarradores de chapa, tal y como se comentará más adelante.

45 El escáner 36 puede comprender, por ejemplo y sin limitación, un escáner láser en 2-D o 3-D que escanee la superficie de la herramienta 28 para identificar la localización de características tales como bolsillos 26. En aplicaciones en las que el efector terminal 22 se usa para compactar 31 chapas 48 contra la herramienta 28, el sensor de fuerza 34 sobre el efector terminal 20 funciona para detectar la cantidad de fuerza de compactación que se aplica a la chapa 48. Esta fuerza de compactación detectada se realimenta a un controlador 44 que puede responder mediante el ajuste de la fuerza de compactación aplicada por el robot 22. La cámara fija 42 funciona para registrar una imagen de una chapa 50 48 agarrada por el efector terminal que se usa por el controlador 44 para determinar la posición, es decir la colocación y/u orientación, de la chapa 48 sobre el efector terminal 20. El efector terminal 20 y el robot 22 se conectan con el controlador 44 que recibe entradas desde el escáner 36, cámara 30, sensor de fuerza 34 y cámara fija 42 y funciona para controlar el funcionamiento del efector terminal 20 y el robot 22.

55 Durante su uso, el robot 22 mueve el efector terminal 20 a una célula de trabajo 50 en donde se localiza la bandeja 30 de modo que las chapas 48 en el kit de chapas 24 estén dentro del campo de visión de la cámara 30. Usando el software de reconocimiento de imágenes 45, el controlador 44 reconoce y selecciona 27 la siguiente chapa 48 a ser colocada sobre la herramienta 28. En algunas realizaciones, la cámara 30 puede registrar imágenes dentro de la célula de trabajo 50 que reflejen otra información tal como el tamaño y/o forma de una o más de las chapas 48. En otras realizaciones, el efector terminal 20 puede incluir otros equipos de detección, tales como, sin limitación, un lector de 60 RFID (identificación por radiofrecuencia) (no mostrado) que detecta información útil en conexión con la selección y/o

colocación de chapas 48 que puede almacenarse en una etiqueta RFID (no mostrada) u otro dispositivo.

Basándose en la selección de la chapa 25, el efector terminal 20 usa el agarrador de vacío 32 para elevar y mantener 29 la chapa seleccionada 48 sobre el efector terminal 20 mientras el robot 22 mueve la chapa seleccionada a una localización que está dentro del campo de visión de la cámara fija 42. La cámara fija 42 funciona como un dispositivo
5 para la grabación de la posición (colocación y/u orientación) de la chapa 48 sobre el efector terminal 20 mediante la grabación de una imagen de la chapa 48 agarrada por el efector terminal 20. La imagen grabada de la chapa 48 se entrega al controlador 44 que usa la imagen grabada para determinar la posición de la chapa 48 sobre el efector terminal 20. El controlador 44 traduce entonces la posición grabada de la chapa 48 al sistema de coordenadas espaciales en 3-D 54 (FIG. 2) usado por el robot 22, mediante la aplicación de desplazamientos a la posición grabada de la chapa 48 o usando otras técnicas.
10

El robot 22 mueve el efector terminal 20 desde la cámara fija 42 a una localización en el área de la herramienta 28, que mira típicamente a la herramienta 28. El escáner 36 sobre el efector terminal 20 se usa a continuación para escanear la herramienta 28 para identificar características tales como bolsillos 26 que pueden usarse para determinar la localización en la que la chapa seleccionada ha de colocarse sobre la herramienta 28. En el ejemplo presente, el
15 escáner 36 puede usarse para localizar los bordes 26a (véase la FIG. 4) del bolsillo 26. La localización de los bordes 26a se usa por el controlador 44 para controlar el robot 22 que mueve el efector terminal 20 hasta que la chapa 48 seleccionada se posiciona para colocar la chapa 48 en la localización deseada sobre la herramienta 28, que en el ejemplo ilustrado, corresponde a un bolsillo 26. El efector terminal 20 coloca entonces 25 la chapa 48 seleccionada sobre la herramienta 28 dentro del bolsillo 26, alineada con los bordes 26a o con otras características del bolsillo 26. El efector terminal 20 compacta a continuación 31 la chapa 48 contra la herramienta 28 con una cantidad deseada de fuerza que se mide por el sensor de fuerza 34 sobre el efector terminal 20. El escaneado 36 sobre el efector terminal 20 puede usarse también para preinspeccionar áreas localizadas de la herramienta 28 previamente a la colocación de la chapa, así como para realizar una inspección posterior de las chapas 48 y/o de la herramienta 28 después de que se hayan colocado las chapas 48 para verificar que las características de colocación tales como duplicadores y rellenos se localizan correctamente sobre la herramienta 28 y/o con relación a otras características del laminado. La preinspección de la herramienta 28 puede ser deseable en donde pueden tener lugar variaciones en la localización de ciertas características de la herramienta. Por ejemplo, y sin limitación, pueden tener lugar variaciones en la localización exacta de los bolsillos 26, de herramienta a herramienta, debido a las tolerancias de fabricación de la herramienta original y/o debido al re-trabajo o mantenimiento de la herramienta durante su ciclo de vida útil. Por ello el uso del
20 escáner 36 sobre el efector terminal 20 permite que se determine la localización real (medida) de los bolsillos 26 sobre una herramienta 28 particular, a diferencia de confiar en la localización nominal (tal como se diseña) del bolsillo 26 como la base para la localización de colocación de la chapa.
25
30

Tal y como se ha mencionado previamente, la cantidad de fuerza aplicada por el robot 22 para compactar 31 la chapa 48 es controlada por el controlador 44, usando la fuerza medida por el sensor de fuerza 34 como una señal de realimentación. Una vez se ha colocado 25 y compactado 31 la chapa 48, el agarrador de vacío 32 libera la chapa 48 y el efector terminal 20 se mueve separándose de la herramienta 28, de vuelta a la célula de trabajo 50 para recoger la siguiente chapa 48 en secuencia en el kit 24. Puede usarse el suministro de aire 43 para efectuar una liberación positiva de la chapa 48 desde el agarrador 32 antes de que el efector terminal se mueva separándose de la herramienta 28.
35

La FIG. 2 ilustra una implementación típica del sistema de laminado de chapas automatizado 18 mostrado en la FIG. 1. El número 54 designa el sistema de coordenadas espaciales en 3-D usado por el robot 22 para elevar, transportar y colocar las chapas 48 en las localizaciones deseadas sobre la herramienta 28. El robot 22 puede comprender cualquier manipulador automatizado adecuado, incluyendo pero sin limitación a portadores y transportadores, pero en la realización ilustrada se representa como un tipo articulado que tiene un brazo de articulación 22a que pueda ayudar a la orientación de una chapa 48 en un posicionamiento sobre la herramienta 28 durante el proceso de colocación. El
40 brazo 22a se proporciona con una muñeca giratoria 22b en la que se monta el efector terminal 20. El robot 22 tiene un alcance que se extiende desde la célula de trabajo 50 a la herramienta 28 desde la que han de colocarse las chapas 48. En el ejemplo ilustrado, el kit de chapas 24 comprende una matriz de chapas 48 colocadas sobre una bandeja extraíble 30, con las chapas 48 mirando hacia arriba y dentro del alcance del robot 22.
45

La cámara fija 42 se monta sobre un soporte 52, entre la célula de trabajo 50 y la herramienta 28, sin embargo son posibles otras localizaciones de la cámara 42. La colocación de la cámara 42 entre la célula de trabajo 50 y la herramienta 28 permite al robot 22 mover la chapa 48 al campo de visión de la cámara 42 cuando el robot 22 pivota y el efector terminal 20 oscila en un arco desde la célula de trabajo 50 a la herramienta 28. La cámara 42 puede comprender cualquier dispositivo de captación de imagen adecuado capaz de producir una imagen digital de la chapa 48 elevada por el efector terminal 20. En algunas realizaciones, puede ser deseable el uso de más de una cámara 42.
50
55

En el ejemplo ilustrado, la herramienta 28 se representa como un mandril curvado que tiene una pluralidad de bolsillos 26 alineados en la superficie de la herramienta 28a. Pueden colocarse uno o más reflectores ópticos 55 sobre la superficie 28a de la herramienta 28 para ayudar al posicionamiento aproximado del efector terminal 20 sobre la herramienta 28 previamente a la colocación de la chapa 48. Los reflectores 55 pueden detectarse por el escáner láser

36 (FIG. 1), sin embargo el escáner láser 36 puede detectar otras características de la herramienta 28 con la finalidad de posicionar aproximadamente el efector terminal 20, tal como la detección de los bordes 28b de la herramienta 28.

La FIG. 3 ilustra detalles adicionales del efector terminal 20. El escáner láser 36, agarrador de vacío 32 y cámara 30 se montan sobre una cara 58a de una placa de montaje 58. El agarrador de vacío 32 puede incluir una cara perforada 32a que se conecta con el sistema de vacío 40 (FIG. 1) y está adaptado para mantener una chapa 48 sobre ella. La cara perforada 32a puede conectarse también con el suministro de aire 43 mostrado en la FIG. 1 para permitir que se aplique una presión de aire positiva a la chapa 48 cuando se está liberando del agarrador 32. El sensor de fuerza 34 se monta sobre la cara opuesta 58b de la placa 58 y puede comprender, por ejemplo y sin limitación, un dispositivo piezoeléctrico. Un adaptador 56 sujeto a la placa 58 adapta el efector terminal 20 para acoplarse con la muñeca 22b del robot 22.

La FIG. 4 ilustra el efector terminal 20 que se ha posicionado aproximadamente por encima de uno de los bolsillos 26 de la herramienta 28, en preparación para la colocación de una chapa 48 en el bolsillo 26. En este ejemplo, el bolsillo 26 puede incluir paredes laterales inclinadas 26a. El escáner láser 36 se usa para escanear el bolsillo 26a para determinar su localización sobre la herramienta 28 y en el sistema de coordenadas espaciales 3-D 54. Como se ha indicado antes, el escáner láser 36 puede ser del tipo de escaneado en 3D que genera un modelo tridimensional del bolsillo 26 que incluye las paredes laterales inclinadas 26b así como los bordes 26a del bolsillo 26. Basándose en el modelo en 3-D del bolsillo 26 generado por el escáner láser 36, el controlador 44 (FIG. 1) puede controlar el movimiento del efector terminal 20 para colocar con precisión la chapa 48 dentro de los límites del bolsillo 26, alineado con los bordes 26a del bolsillo 26.

Se dirige la atención ahora a la FIG. 5 que ilustra los pasos generales de un método automatizado de colocación de chapas 48, tales como chapas de relleno. Empezando en la etapa 64, un operario coloca una bandeja 30 con un kit 24 de chapas 48 en una célula de trabajo 50. A continuación, en 66, el operario inicia un ciclo del robot usando el controlador 44. En la etapa 68, el robot 22 mueve el efector terminal 20 a una posición que sobrevuela la bandeja 30 en la célula de trabajo 50. La cámara 30 sobre el efector terminal 20 selecciona 27 una chapa 48 particular en el kit 24 que es la siguiente en la secuencia a ser colocada. En 72, el robot 22 pone el agarrador de vacío 48 en contacto con la chapa 48 seleccionada, agarrando 29 de ese modo la chapa 48 y elevándola cuando el robot 20 mueve el efector terminal 20 separándose de la célula de trabajo 50 y hacia la cámara fija 42. En la etapa 74, el robot 22 presenta la chapa 48 seleccionada 27 a la cámara fija 42 que registra la imagen mostrando la posición de la chapa 48 con relación al efector terminal 22. En 76, la cámara fija 42, en cooperación con el controlador 44, localiza la chapa 48 dentro del sistema de referencia de coordenadas en 3-D 54 del robot 22.

El robot 22 mueve la chapa 48 seleccionada a una posición sobre la herramienta 28 y, en 80, el escáner láser 36 mide la localización aproximada de los bolsillos 26 mediante la detección de los reflectores 35 o la detección de otras características tales como los bordes 28b de la herramienta 28. En 78, el robot 22 mueve el escáner láser 36 a la proximidad con un bolsillo 26 del escáner 36 y escanea a continuación el bolsillo 26, como se ha explicado previamente en conexión con la FIG. 4. Con el conocimiento de la localización precisa del bolsillo 26 dentro del sistema de referencia de coordenadas en 3-D 54, el robot 22 coloca 25 a continuación la chapa 48 con precisión en el bolsillo 26, tal como se muestra en la etapa 82, o bien sobre la herramienta 28 o bien sobre una chapa 48 que se haya colocado previamente en el bolsillo 26. En 84, el sensor de fuerza 34 se usa para desarrollar una señal de realimentación durante el proceso de compactación que se usa por un controlador 40 para determinar la cantidad de fuerza a ser aplicada a la chapa 48 por el robot cuando está siendo compactada 29 sobre la herramienta 28. Puede aplicarse una presión de aire positiva a la chapa 48 mediante el suministro de aire 42 (FIG. 1) para asegurar que la chapa 48 se libera del agarrador 32. Como se muestra en 86, se repiten las etapas 64 a 84 para cada una de las chapas 48 en secuencia hasta que se ha completado el relleno.

La FIG. 6 ilustra las etapas globales de un método para el laminado automatizado de duplicadores de chapa. Comenzando en la etapa 88 una máquina de laminado de cinta de compuesto o una máquina de colocación de fibra automatizada (no mostrada) coloca las chapas iniciales sobre mandril tal como la herramienta 28 mostrada en la FIG. 2. A continuación, en 90, el kit de chapas duplicadoras 48 se coloca en la célula de trabajo 50. En la etapa 92, un operario inicia un ciclo del robot y, en 94, el robot 22 mueve el efector terminal 20 sobre el kit 30. En la etapa 96, la cámara 30 localiza y selecciona 27 la siguiente chapa 48 duplicadora en secuencia en el kit 30. En 98, el robot 22 mueve a continuación el agarrador de vacío 32 sobre el efector terminal 20 a su contacto con la chapa 48 duplicadora y, en 100, el robot 22 eleva la chapa 48 duplicadora seleccionada desde el kit 30 usando el agarrador de vacío 32. En la etapa 102, el robot 22 presenta la chapa 48 duplicadora a la cámara fija 42 y, en 104, la cámara fija 42 localiza la chapa 48 duplicadora precisamente sobre la cara 32a del agarrador de vacío 32.

En 106, el robot 22 mueve el efector terminal 20 a una posición sobre la herramienta de mandril 28, y el escáner láser 36 puede usarse para detectar características que se usan para determinar la localización exacta en la que ha de colocarse la chapa 48 duplicadora. Las características detectadas pueden comprender, sin limitación, reflectores 55 sobre la herramienta 28, los bordes 28b de la herramienta 28 o los bordes (no mostrados) de una chapa 48 previamente colocada. En 108, el robot 22 coloca 25 la chapa 48 duplicadora sobre la superficie 28a de la herramienta o sobre una chapa 48 de doblador ya colocada. En 110, el robot 22 usa el sensor de fuerza 34 para proporcionar realimentación

al controlador 44 indicando la cantidad de fuerza de compactación que se está aplicando a la chapa 48 duplicadora durante el proceso de compactación 29. En 112, se repiten las etapas 92-110 hasta que todas las chapas 48 duplicadoras se han colocado sobre la herramienta 28 de mandril. En 114, la máquina de disposición de cinta de compuesto o la máquina de colocación de fibra automatizada continúan el proceso de laminado de chapas completas sobre las chapas 48 duplicadoras y, en 106, se repite la colocación de las chapas 48 duplicadoras, según sea necesario o esté requerido por una planificación de chapas predeterminada.

Se dirige ahora la atención a la FIG. 7 que ilustra ampliamente el aparato 107 que puede usarse en el sistema de laminado de chapas automatizado, tal como el sistema 54 mostrado en la FIG. 2. El aparato 107 puede usarse para recoger y transportar chapas 48 y colocarlas 23 sobre el sustrato 21, tal como una herramienta 28 (FIG. 2), una chapa 48 previamente depositada u otros sustratos (no mostrados). El aparato 107 comprende un efector terminal 20 manipulado por un robot 22 que puede ser similar al que se ha descrito anteriormente en conexión con las FIGS. 1-3. El efector terminal 20 incluye un agarrador 108 electroadhesivo que usa una adhesión electrostática reversible para agarrar una o más chapas 48 sobre el efector terminal 20 mientras se transportan y colocan sobre la herramienta 28. El agarrador 108 electroadhesivo está alimentado por una fuente de alimentación eléctrica 110 y genera una fuerza adhesiva electrostática "F" que se usa para adherir de modo liberable la o las chapas 48 al efector terminal 20.

La FIG. 8 ilustra en general las etapas de un método de colocación de chapas 38 usando el aparato 107 mostrado en la FIG. 7. Comenzando en 112, el efector terminal 20 se pone en contacto con una o más chapas 48, tal como las mostradas en la FIG. 1 que forman parte de un kit de chapas 24 sobre la bandeja 30. En 114 las chapas 48 son recogidas y agarradas por el agarrador 108 usando una fuerza adhesiva electrostática "F" que adhiere las chapas al agarrador 108. En 116, el efector terminal 20 y el robot 22 mueven la chapa agarrada 48 a un sustrato 21 tal como en la herramienta 28 mostrada en la FIG. 2. En la etapa 118 el efector terminal 20 se usa para colocar 23 la chapa 48 en una localización deseada sobre el sustrato 21. Por ejemplo, el efector terminal 20 puede colocar la chapa 48 en uno de los bolsillos 26 de la herramienta 28 mostrada en la FIG. 2. En la etapa 120, la chapa 48 se libera del efector terminal 20 después de ser colocada 23 en la etapa 118, mediante la eliminación de la fuerza adhesiva electrostática "F" que adhiere la chapa al agarrador 108. La fuerza adhesiva electrostática "F" se elimina desconectando la alimentación eléctrica suministrada al agarrador 108.

Tal y como se ha mencionado previamente, el aparato 107 mostrado en la FIG. 7 y el método ilustrado en la FIG. 8 pueden usarse en un sistema de laminado automatizado 50 mostrado en la FIG. 1, en el que las cámaras 30, 42 se usan para reconocer, seleccionar secuencialmente y recoger chapas 48 para el laminado así como para determinar la orientación de las chapas sobre un efector terminal 20 previamente a ser colocadas. Sin embargo, el aparato 107 mostrado en la FIG. 7 y el método ilustrado en la FIG. 8 pueden emplearse en otros sistemas de laminado automatizado en los que se usa un efector terminal 20 manipulado por un robot 22 para colocar automáticamente chapas 48 sobre un sustrato 21.

Las FIGS. 9 y 10 ilustran detalles adicionales de una realización del aparato mostrado en la FIG. 7. El agarrador electroadhesivo 108 comprende una pluralidad de plaquitas de electrodo 122, 124 alargadas positiva y negativa respectivamente. Las plaquitas de electrodo 122, 124 pueden comprender tiras separadas, sustancialmente paralelas de material eléctricamente conductor, tal como y sin limitación, cobre u otros metales adecuados. Las plaquitas de electrodo 122, 124 se extienden a través, y están soportadas sobre, una placa de apoyo 126 montada sobre una extensión 128 en el efector terminal 20. Las plaquitas de electrodo 122, 124 respectivamente positiva y negativa se conectan respectivamente a la fuente de alimentación eléctrica 110 (FIG. 7) que puede ser una fuente de alimentación en corriente continua que puede estar localizada integrada o exteriormente al efector temporal 20. En el ejemplo ilustrado, la placa de apoyo 126 y las plaquitas de electrodo 122, 124 son sustancialmente planas, sin embargo pueden tener otras geometrías, incluyendo contornos simples o complejos, dependiendo de la forma de las chapas 48 y/o de la herramienta 28 u otro sustrato 21 sobre el que han de colocarse las chapas 48.

Haciendo referencia a la FIG. 11, las plaquitas de electrodo 122, 124 son sustancialmente de sección transversal rectangular, sin embargo son posibles otras geometrías de sección transversal del electrodo. En la realización ilustrada, las plaquitas de electrodo 122, 124 se realizan en una abrazadera 115 que comprende una capa de un material no conductor adecuado tal como un polímero fijado a la placa de apoyo 126. La abrazadera 115 puede comprender un material sustancialmente rígido o puede ser un material de alguna forma deformable que permita que la superficie 135 de la abrazadera 115 se adapte en general a las irregularidades superficiales (no mostradas) de la chapa agarrada 48.

Cuando se suministra alimentación eléctrica al agarrador electroadhesivo 108, las plaquitas de electrodo positivas y negativas 122, 124 alternadas generan campos electrostáticos 120 que inducen cargas electrostáticas + y - sobre la superficie 137 de la chapa 48. Las polaridades de las cargas + y - sobre las chapas 48 son opuestas a las de las plaquitas de electrodo 122, 124, dando como resultado la generación de una fuerza de adhesión electrostática "F" que atrae y fija de ese modo la chapa 48 a la superficie 135 del agarrador 108. El agarrador electroadhesivo 108 puede generar unas fuerzas de adhesión electrostáticas "F" relativamente grandes usando cantidades de potencia relativamente pequeñas. Por ejemplo, y sin limitación, los requisitos de potencia pueden ser del orden de aproximadamente 20 microvatios/newton de peso. La fuerza de adhesión electrostática "F" puede modularse y

conectarse y desconectarse mediante el control de la alimentación suministrada a las plaquitas de electrodo 122, 124. Los tiempos de conmutación de conexión/desconexión son del orden de menos de aproximadamente 50 milisegundos.

5 El agarrador electroadhesivo 108 puede usarse para agarrar chapas 48 conductoras o no conductoras formadas de cualquiera de los diversos materiales que tienen superficies rugosas o suaves y/o que pueden tener polvo y/o residuos sobre la superficie de los mismos. Por ejemplo, y sin limitación, el agarrador electroadhesivo 108 puede usarse para agarrar materiales de chapa tales como termoplásticos, preimpregnados, láminas metálicas, mallas metálicas y no metálicas y capas de adhesivo, por citar solo unos pocos.

10 La FIG. 12 ilustra una forma alternativa del agarrador 108 en el que las plaquitas de electrodo 122, 124 son plaquitas adheridas directamente a una placa de apoyo 126 no conductora. Un recubrimiento polimérico 132 o de otro tipo cubre respectivamente las plaquitas de electrodo 122, 124. Como alternativa, aunque no se muestra en las figuras, las plaquitas de electrodo 122, 124 pueden encapsularse individualmente en, o rodearse por, un recubrimiento protector de material no conductor tal como un polímero.

15 Tal y como se ha mencionado previamente, el efector terminal 20 divulgado que tiene un agarrador electroadhesivo 108 puede usarse para recoger, agarrar, transportar y colocar una única chapa 48 o, como se ilustra en la FIG. 13, pueden recogerse, agarrarse y colocarse simultáneamente por el efector terminal 20 múltiples chapas 48a, 48b, 48c. Las múltiples chapas 48a, 48b, 48c pueden predisponerse en una relación precisa entre sí sobre una bandeja 40 (FIG. 1) que forma parte de la estación 50 o sobre otras superficies. Cuando se agarran y recogen simultáneamente, por el agarrador electroadhesivo, las chapas 48a, 48b, 48c permanecen en su relación predispuesta mientras se colocan y compactan sobre una herramienta 28 u otro sustrato 21 por el efector terminal 20 como un grupo predispuesto, a 20 diferencia de un proceso de colocación automatizado o laminado manual de una en una.

25 La FIG. 14 ilustra el uso del agarrador electroadhesivo 108 para recoger y agarrar múltiples tiras 134 de una lámina de metal delgada que puede colocarse individualmente o como un grupo sobre un sustrato 21 tal como un ala de avión (no mostrada) por el efector terminal 20. Como alternativa, el agarrador de vacío 32 previamente descrito (FIG. 1) puede usarse sobre un efector terminal 20 para recoger y agarrar las tiras de lámina metálica 134. Sin embargo en algunas aplicaciones, en las que se implementa una protección contra caídas de rayos mediante la aplicación de láminas de malla metálica (no mostradas) a un revestimiento de avión (no mostrado), puede ser preferible usar el agarrador electrostático 108 sobre el efector terminal 20.

30 Realizaciones de la divulgación pueden encontrar uso en una diversidad de aplicaciones potenciales, particularmente la industria del transporte, incluyendo, por ejemplo, aplicaciones aeroespaciales, marinas y de automoción y otras aplicaciones en donde puede usarse un equipo de laminado automatizado. De este modo, con referencia ahora a las FIGS. 15 y 16, realizaciones de la divulgación pueden usarse en el contexto de un método de fabricación y mantenimiento de un avión 136 como se muestra en la FIG. 15 y un avión 138 como se muestra en la FIG. 16. Las aplicaciones sobre avión de la realizaciones divulgadas pueden incluir, por ejemplo, sin limitación, laminado de 35 elementos reforzados tales como revestimientos de fuselaje, revestimientos de ala, superficies de control, escotillas, paneles de suelo, paneles de puerta, paneles de acceso y empenajes, laminado de capas adhesivas y laminado de láminas delgadas de chapa metálica para aplicaciones de protección contra rayos, por citar unos pocos. Durante la preproducción, el método 108 de ejemplo puede incluir la especificación y diseño 140 del avión 138 y el acopio de materiales 142. Durante la producción, tiene lugar la fabricación de componentes y subconjuntos 144 y la integración del sistema 146 del avión 138. A continuación, el avión 138 puede pasar a través de la certificación y entrega 148 para ser puesto en servicio 150. Mientras está en servicio por un cliente, se planifica el avión 138 para su mantenimiento y 40 servicio rutinario 152 (que puede incluir también modificación, reconfiguración, modernización y similares).

45 Cada uno de los procesos del método 108 puede realizarse o llevarse a cabo mediante un integrador del sistema, unos terceros y/o un operario (por ejemplo, un cliente). Para las finalidades de la presente descripción, un integrador del sistema puede incluir sin limitación cualquier número de fabricantes de aviones y subcontratistas de sistemas principales; unos terceros pueden incluir sin limitación cualquier número de vendedores, subcontratistas y suministradores; y un operador puede ser una línea aérea, compañías de alquiler, entidad militar, organización de servicios y otros similares.

50 Como se muestra en la FIG. 16, el avión 138 producido mediante el método de ejemplo 136 puede incluir un fuselaje 154 con una pluralidad de sistemas 156 y un interior 158. Ejemplos de sistemas de alto nivel 156 incluyen uno o más de entre un sistema de propulsión 160, un sistema eléctrico 162, un sistema hidráulico 164 y un sistema ambiental 166. Puede incluirse cualquier número de otros sistemas. Aunque se muestra un ejemplo aeroespacial, los principios de la divulgación pueden aplicarse a otras industrias, tales como la industria marítima y de automoción.

55 Los sistemas y métodos realizados en el presente documento pueden emplearse durante una cualquiera o más de las etapas del método de producción y mantenimiento 136. Por ejemplo, los componentes o subconjuntos correspondientes al proceso de producción 144 pueden fabricarse o manufacturarse de forma similar a componentes o subconjuntos producidos mientras el avión 110 está en mantenimiento. También, una o más realizaciones de

5 aparato, realizaciones del método o una combinación de las mismas pueden utilizarse durante las etapas de producción 144 y 146, por ejemplo, mediante la facilitación sustancial del montaje o reducción del coste de un avión 138. De manera similar, una o más de realizaciones de aparatos, realizaciones de métodos o una combinación de las mismas puede utilizarse mientras el avión 138 está en mantenimiento, por ejemplo y sin limitación, para servicio y mantenimiento 152.

Aunque las realizaciones de la presente divulgación se han descrito con respecto a ciertas realizaciones de ejemplo, se ha de entender que las realizaciones específicas tienen la finalidad de ilustración y no de limitación, dado que se les ocurrirán a los expertos en la materia otras variaciones.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema para la colocación de chapas de compuesto (48) en localizaciones preseleccionadas; que comprende:
 - un robot (22);
 - un efector terminal (20) sobre el robot para la elevación de una chapa (48) desde un kit de chapas (24) y la colocación de la chapa en una localización preseleccionada, comprendiendo el efector terminal:
 - un escáner (36);
 - una cámara (30);
 - un agarrador (32, 108); y
 - un sensor de fuerza (34);
 - una cámara fija (42) para grabación de la posición de la chapa (48) sobre el efector terminal (20); y
 - un controlador (44) conectado con el robot (22) y el efector terminal (20), en el que el escáner (36) está sobre el efector terminal (20) para la detección de características con relación a la localización en la que ha de colocarse la chapa (48);
 - en el que la cámara (30) funciona para registrar imágenes de las chapas en el kit de chapas (24) que se procesan mediante un software de reconocimiento de imágenes (45) que forma parte del controlador (44) para reconocer y seleccionar chapas individuales en una secuencia de colocación;
 - en el que el agarrador (32, 108) se configura para agarrar de modo liberable una o más chapas (48) sobre el efector terminal (20) hasta que esté lista para la colocación en la localización preseleccionada;
 - en el que el controlador (44) recibe entradas desde el escáner (36), cámara (30), sensor de fuerza (34) y cámara fija (42) y funciona para controlar la operación del robot (22) y del efector terminal (20) para colocar la chapa (48) en la localización preseleccionada.
2. El sistema de la reivindicación 1, en el que el efector terminal (20) incluye un agarrador accionado por vacío (32) para agarrar la chapa.
3. El sistema de o bien la reivindicación 1 o bien la reivindicación 2, en el que el efector terminal (20) incluye un agarrador electroadhesivo (108) para agarrar la chapa.
4. El sistema de cualquier reivindicación anterior, en el que el agarrador electroadhesivo (108) incluye un conjunto de plaquitas de electrodo (122, 124) adaptadas para conectarse con una fuente de alimentación eléctrica (110) para inducir cargas electrostáticas sobre la chapa (48).
5. El sistema de cualquier reivindicación anterior, en el que la cámara fija (42) se configura para captar la imagen de la chapa (48).
6. El sistema de cualquier reivindicación anterior, en el que la cámara (30) sobre el efector terminal se conecta con el controlador (44) para ver la chapa (48) antes de que se eleve por el efector terminal (20) y en el que el software de reconocimiento de imágenes (45) se configura para reconocer y seleccionar la chapa (48) de entre una pluralidad de chapas (48).
7. El sistema de cualquier reivindicación anterior, en el que el escáner (36) es un escáner láser.
8. El sistema de cualquier reivindicación anterior, en el que el efector terminal (20) y el robot (22) aplican una fuerza de compactación a la chapa cuando se está colocando sobre una herramienta que incluye las localizaciones preseleccionadas y en el que el sensor de fuerza (34) del efector terminal se configura para detectar la cantidad de fuerza de compactación.
9. Un método de colocación de chapas en localizaciones predeterminadas sobre un sustrato, que comprende:
 - recoger una chapa (48) mediante el agarre de la chapa con un efector terminal, comprendiendo el efector terminal un escáner (36), una cámara (30), un agarrador (32, 108) y un sensor de fuerza (34);
 - mover la chapa a un área adyacente a una localización predeterminada en la que ha de colocarse la chapa mediante el movimiento del efector terminal al área adyacente a la localización predeterminada;
 - grabar la posición de la chapa (48) sobre el efector terminal (20) usando una cámara fija (42);
 - orientar la chapa con relación a la localización predeterminada en la que ha de colocarse la chapa; colocar la chapa orientada en la localización predeterminada sobre el sustrato usando el efector terminal, en el que el método comprende además:
 - usar el escáner (36) sobre el efector terminal para detectar características relacionadas con la localización en la que ha de colocarse la chapa, en donde el uso del efector terminal para colocar la chapa (48) se basa en las características detectadas y mover el efector terminal al área adyacente de la localización predeterminada se

realiza usando un manipulador robótico (22) automáticamente controlado, conectados el manipulador robótico (22) y el efector terminal (20) con un controlador (44) que recibe entradas desde el escáner (36), cámara (30), sensor de fuerza (34) y cámara fija (42) y funciona para controlar el funcionamiento del efector terminal (20) y manipulador robótico (22); y

5 el uso de la cámara (30) sobre el efector terminal para identificar la chapa a ser recogida y movida.

10. El método de la reivindicación 9, en el que la recogida de la chapa se realiza usando una fuerza adhesiva electrostática para agarrar la chapa.

11. El método de la reivindicación 9 o 10, que comprende además:

el uso del efector terminal para compactar la chapa contra el sustrato; y

10 el uso del sensor de fuerza (34) sobre el efector terminal para detectar una fuerza de compactación aplicada por el efector terminal a la chapa.

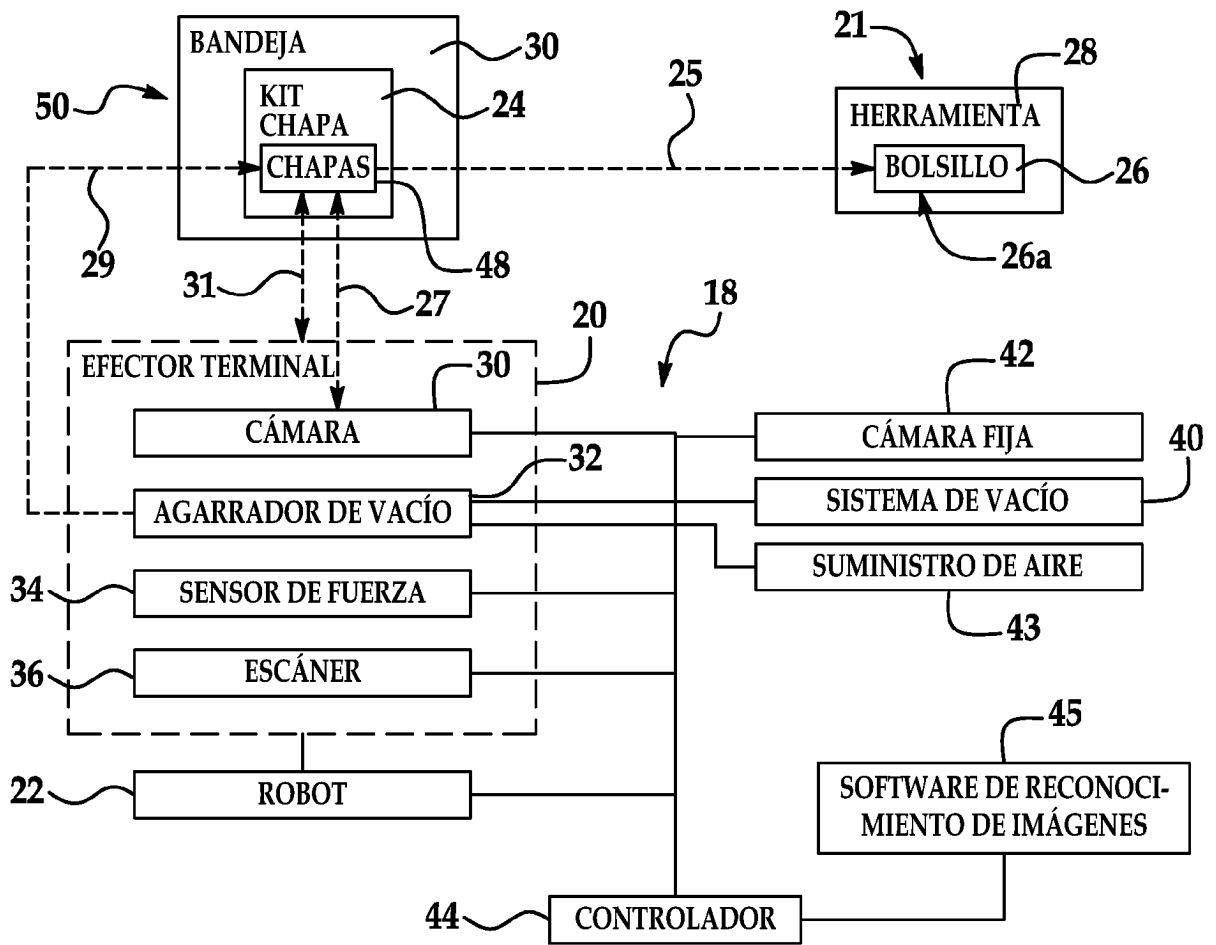


FIG. 1

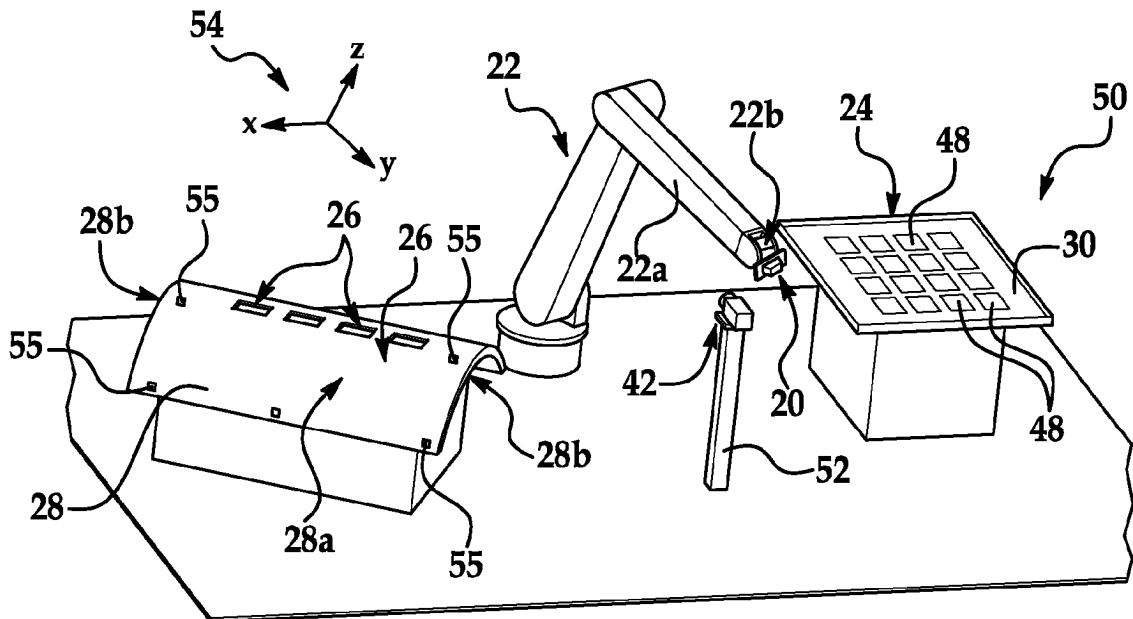


FIG. 2

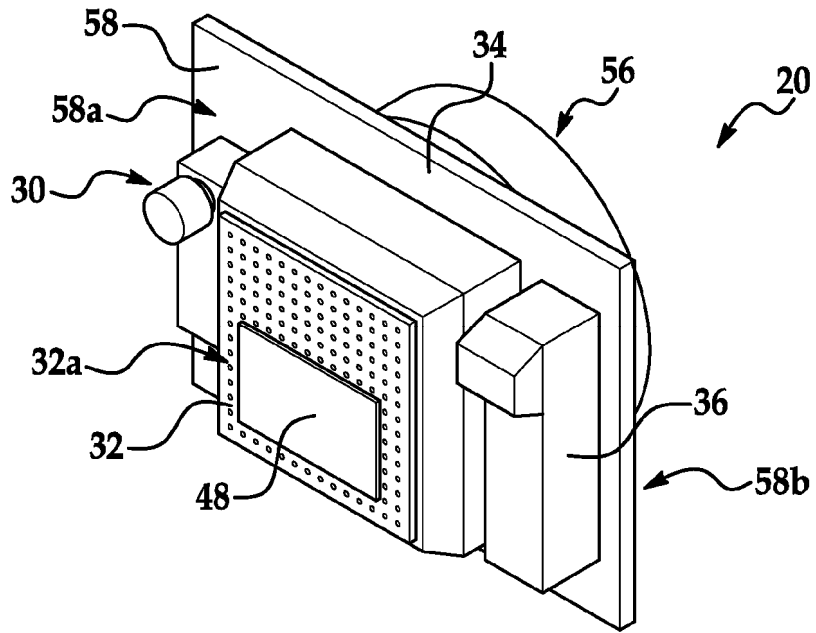


FIG. 3

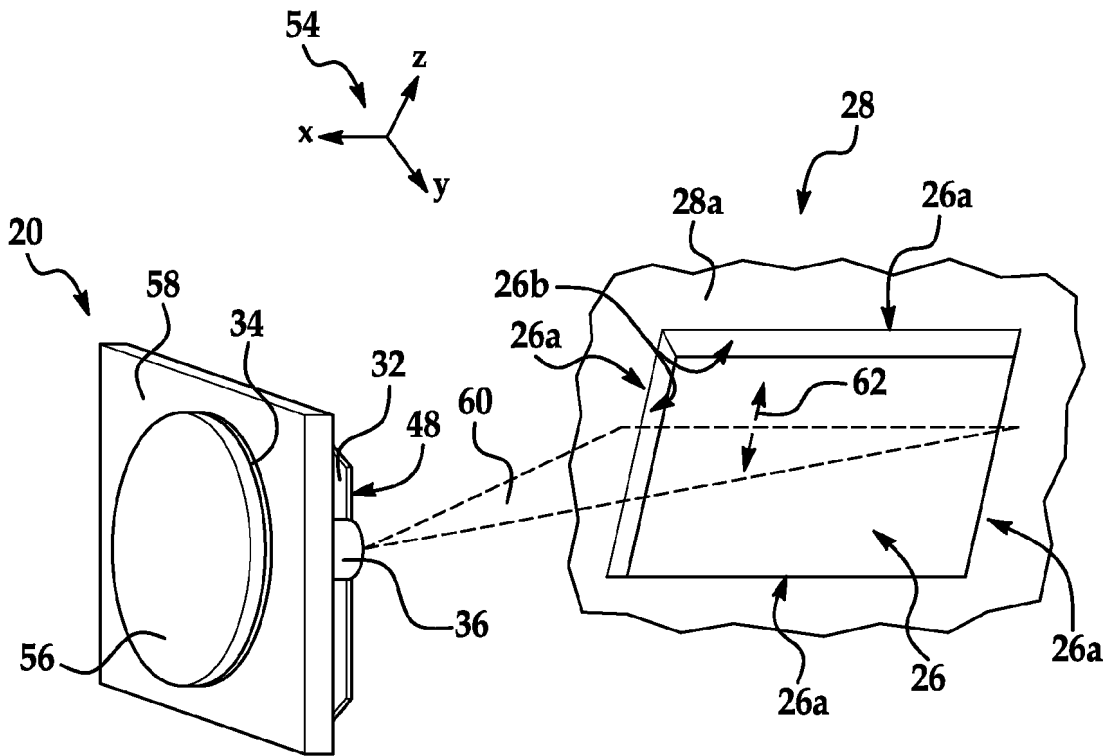


FIG. 4

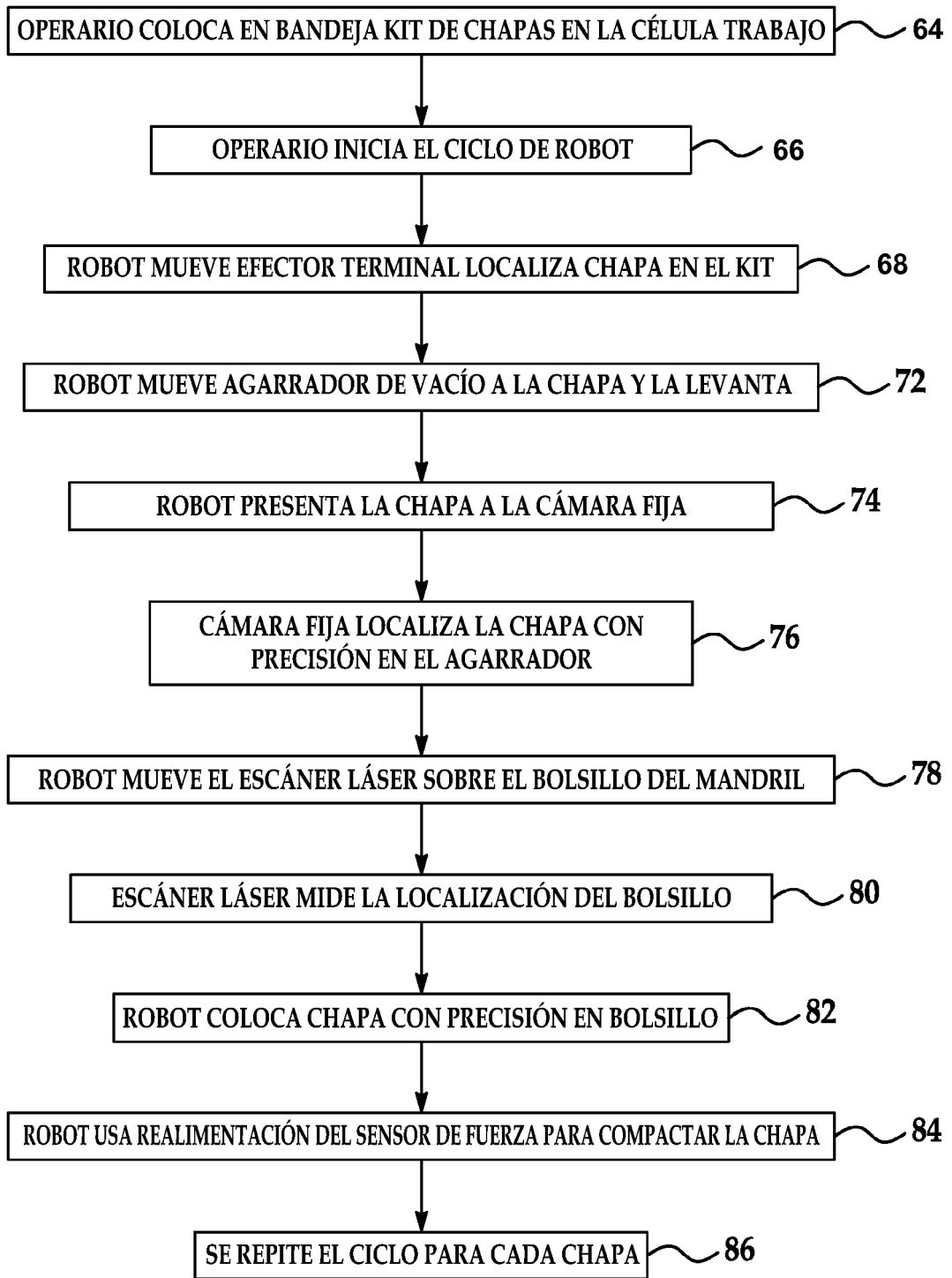


FIG. 5

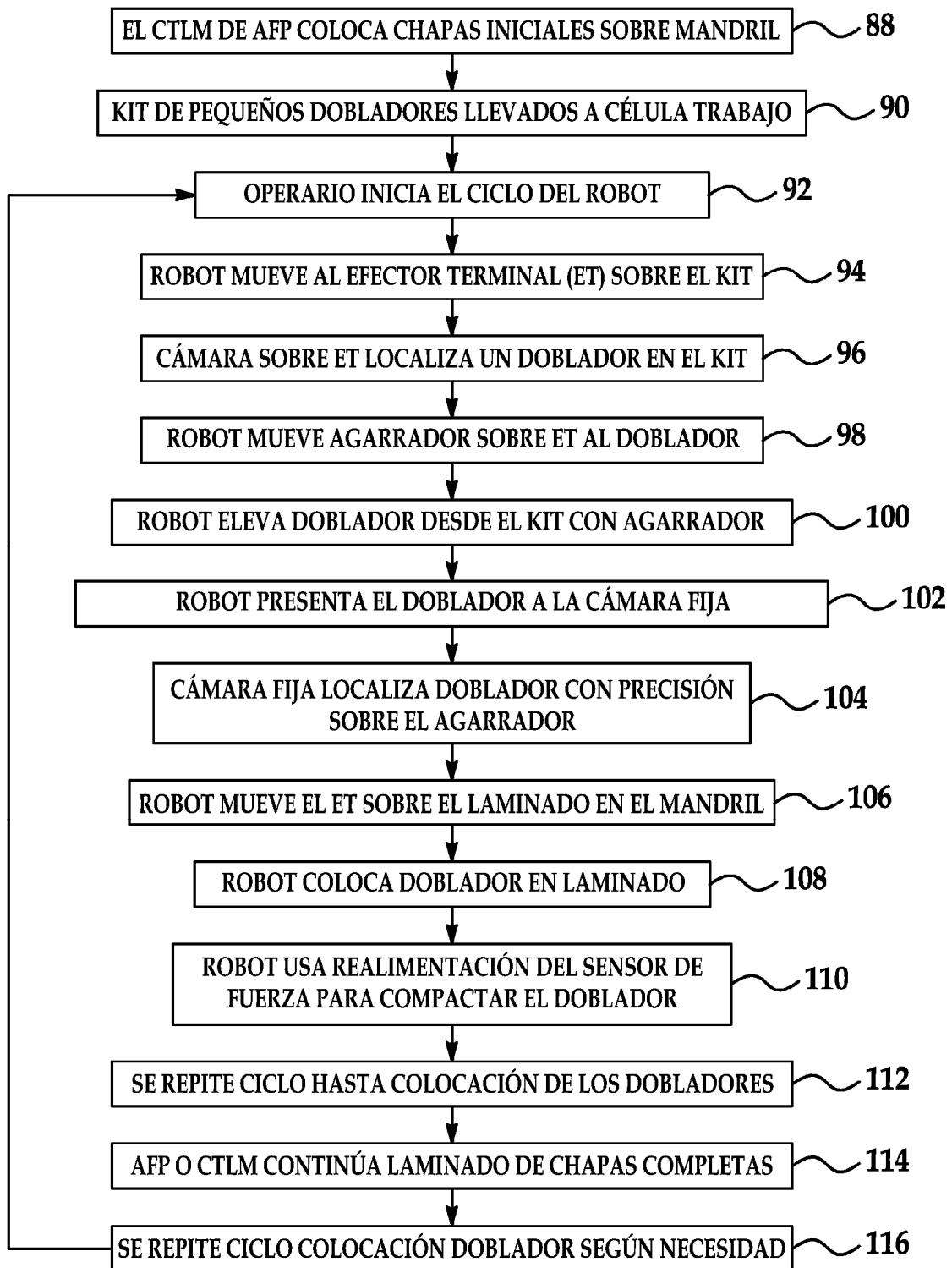


FIG. 6

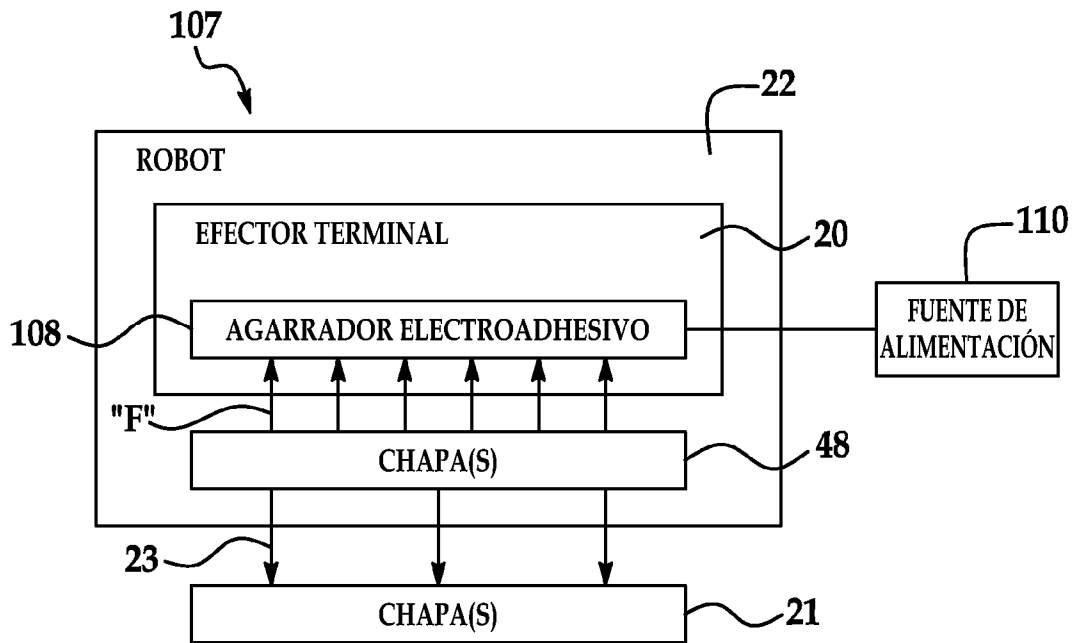


FIG. 7

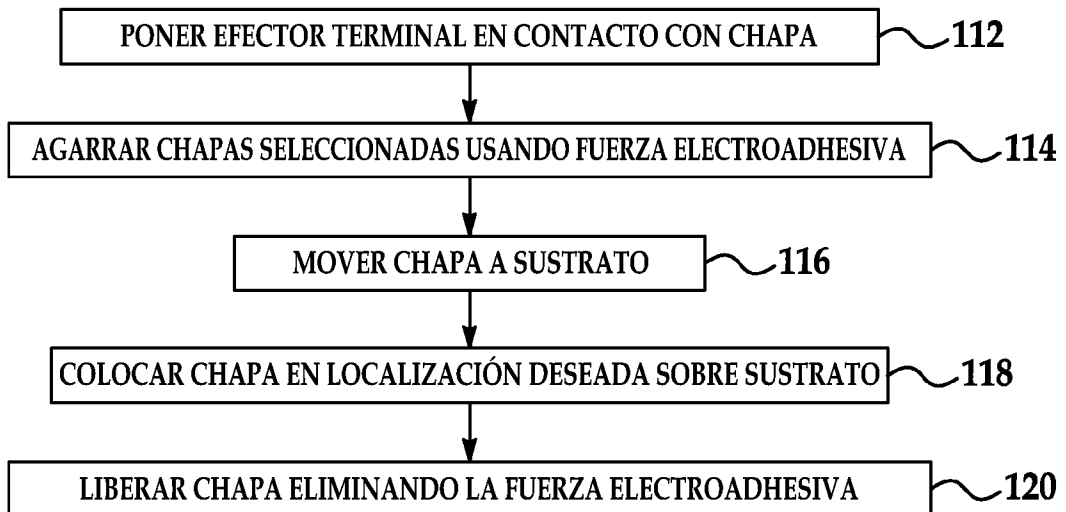


FIG. 8

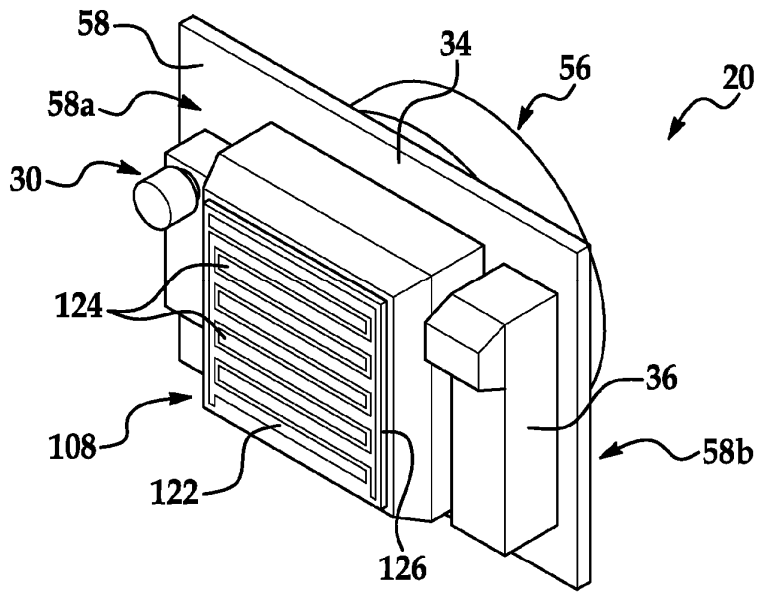


FIG. 9

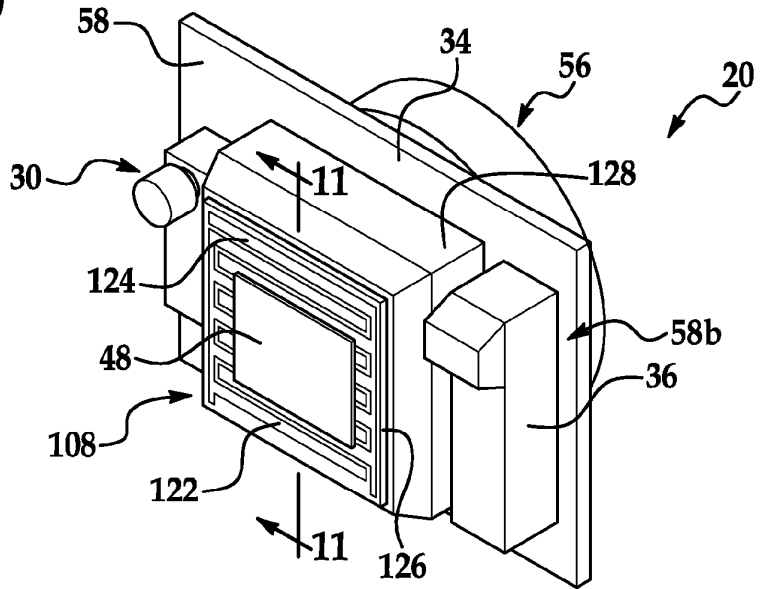


FIG. 10

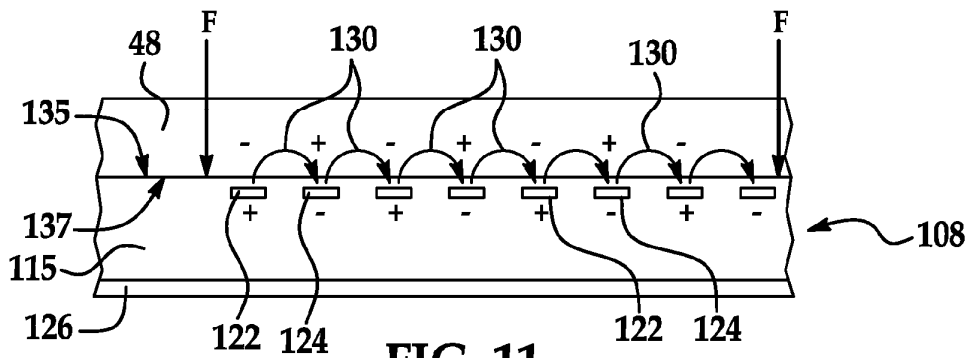


FIG. 11

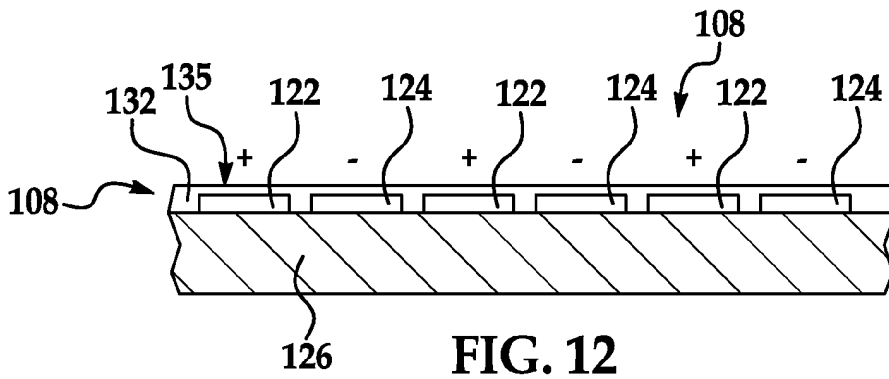


FIG. 12

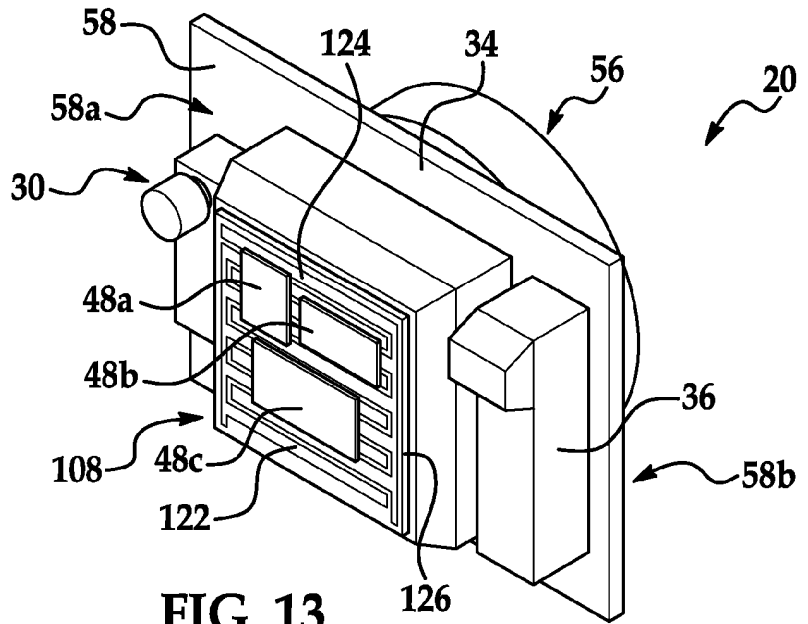


FIG. 13

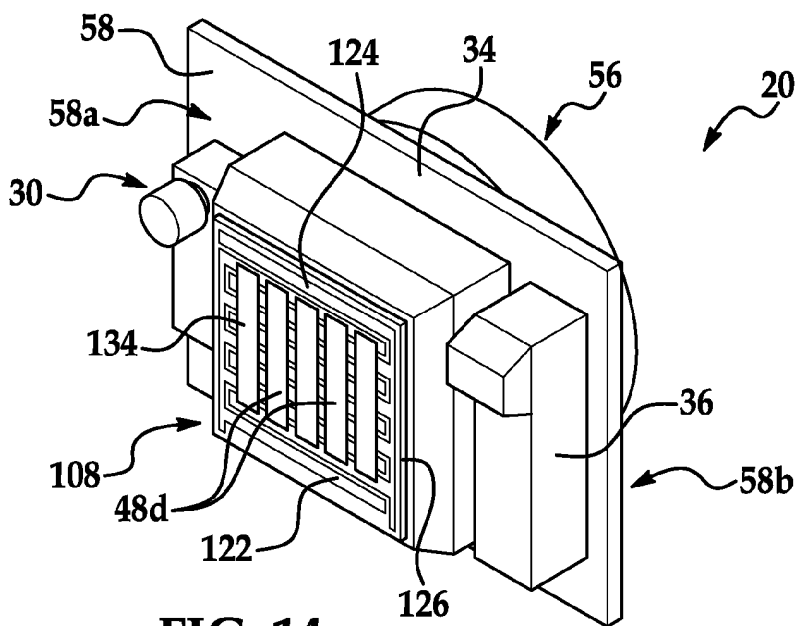


FIG. 14

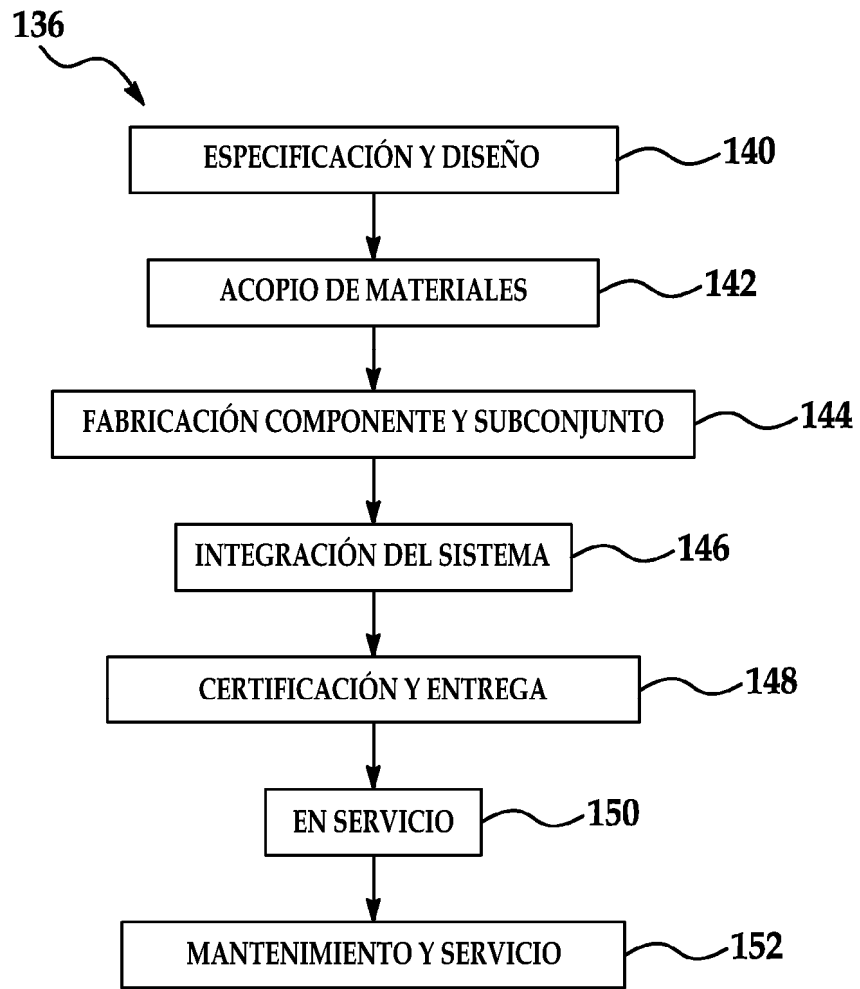


FIG. 15

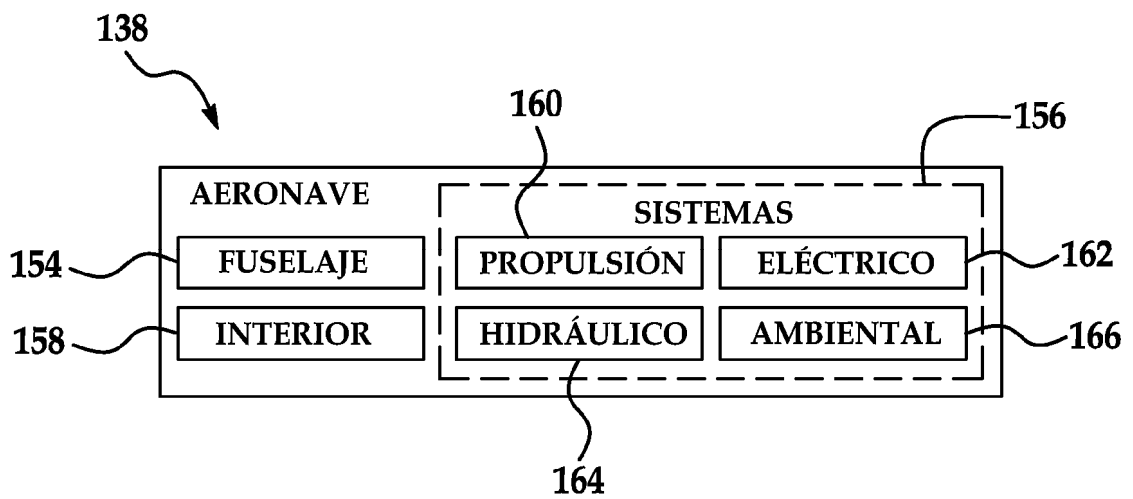


FIG. 16