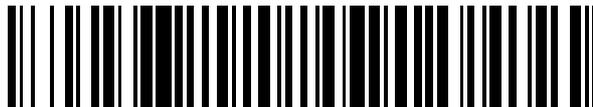


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 425 191**

51 Int. Cl.:

B29C 70/46 (2006.01)

B29C 33/30 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **09.10.2009 E 09736767 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **24.07.2013 EP 2362826**

54 Título: **Método y aparato para conformar partes de material compuesto sumamente contorneadas**

30 Prioridad:

25.10.2008 US 258404

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

14.10.2013

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**JONES, DARRELL D.;
LEE, MICHAEL A.;
ANDERSON, MICHAEL R. y
BRENNAN, JOSEPH D.**

74 Agente/Representante:

UNGRÍA LÓPEZ, Javier

ES 2 425 191 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

Método y aparato para conformar partes de material compuesto sumamente contorneadas

5 Campo de la técnica

La presente divulgación se refiere en general a la fabricación de partes de material compuesto, y aborda de forma más particular un método y aparato para conformar cargas de material compuesto planas para dar unas partes sumamente contorneadas, en especial miembros estructurales contorneados.

10

Antecedentes

Las partes tales como miembros estructurales conformadas a partir de materiales compuestos laminados pueden fabricarse usando una carga de múltiples capas plana de materiales preimpregnados. La carga puede conformarse para dar una forma de parte deseada usando una prensa de conformación que tiene unos troqueles machos y hembras que comprimen y conforman la carga para dar la forma deseada, que es normalmente una forma suavemente contorneada o recta.

15

El documento EP 1393873 – A da a conocer una viga de conformación que está dividida en un conjunto de segmentos acoplados. Los segmentos adyacentes están acoplados mediante unas uniones que están acopladas a los accionadores.

20

Debido a que todos los segmentos están acoplados, cuando un accionador se mueve, el movimiento de la unión se transmite a lo largo de los segmentos acoplados.

25

Por lo tanto, el movimiento de cualquier segmento particular da lugar al movimiento de muchos de los segmentos de la viga de conformación.

El documento CA 2487697 – A da a conocer un revestimiento de molde semiflexible que está soportado por una pluralidad de elementos de soporte mecánico.

30

Debido a que el revestimiento de molde es un canal continuo, este documento no da a conocer una pluralidad de porciones de primer troquel.

35

Además, este documento no da a conocer qué secciones del revestimiento de molde pueden desplazarse de forma independiente: de hecho, es evidente que mover un soporte mecánico dará como resultado un movimiento a lo largo de la totalidad de la longitud del revestimiento de molde.

Pueden encontrarse dificultades, no obstante, cuando se intenta conformar miembros estructurales sumamente contorneados usando troqueles tal como se ha descrito anteriormente debido a la tendencia de las capas a formar arrugas a medida que la carga se está comprimiendo. Por consiguiente, la fabricación de miembros estructurales sumamente contorneados usando materiales compuestos se limita en general a técnicas de moldeo a mano en las que cada capa se tiende a mano por encima de un troquel u otro útil con el fin de reducir la posibilidad de la aparición de arrugas. Esta técnica de moldeo a mano requiere mucho trabajo y es, por lo tanto, costosa, así como relativamente lenta.

40

45

Un problema adicional con las técnicas actuales para conformar miembros de partes sumamente contorneadas es la flexibilidad limitada de las máquinas de conformación existentes para alojar diferentes formas de parte que están sumamente contorneadas. Debido a que el herramental normalmente tiene una forma permanente que no puede alterarse con facilidad, han de fabricarse unos troqueles de herramental separados para alojar las diferentes formas de parte.

50

Por último, las soluciones existentes para conformar partes sumamente contorneadas pueden requerir unos accesorios de sujeción separados para conformar, transportar e instalar o colocar la parte conformada sobre el herramental de curado o sobre la superficie de otro laminado.

55

Por consiguiente, existe una necesidad de un método y aparato para conformar partes de material compuesto sumamente contorneadas, en especial miembros estructurales, que reduzca o elimine la aparición de arrugas durante el proceso de conformación. También existe una necesidad de un aparato para conformar partes sumamente contorneadas que pueda volver a configurarse con facilidad para conformar partes que tienen diferentes formas y que pueda usarse para transportar y colocar la parte conformada.

60

Sumario

La presente invención se refiere a un aparato, tal como se define en la reivindicación 1, y a un método, tal como se define en la reivindicación 9, para conformar partes de material compuesto sumamente contorneadas, en partes

65

alargadas especiales tal como miembros estructurales, usando una carga de material compuesto sustancialmente plana que puede comprender múltiples capas de un material preimpregnado. El aparato incluye unos troqueles conjugados que tienen unas formas de contorno que pueden volver a configurarse con facilidad y de forma automática para producir una diversidad de partes que tienen diversos contornos. Uno de los troqueles tiene múltiples porciones de troquel que pueden controlarse de forma independiente para conformar de manera progresiva la carga de una forma que mantiene la carga en tensión con el fin de reducir o eliminar la aparición de arrugas. Usando controles digitales y algoritmos adecuados, el aparato puede conformar una parte a partir de la parte de abajo hacia arriba o de la parte de arriba hacia abajo, o cualquier combinación entre las mismas, garantizando de este modo que la carga de material compuesto se formará sustancialmente sin arrugas con independencia de si el contorneado es cóncavo, convexo o una combinación tanto de cóncavo como de convexo en cualquier parte a lo largo de la longitud de la parte. El método puede asegurar que las capas de la carga se están formando constantemente y que se hace que se muevan hasta un radio más grande del contorno y, por lo tanto, que se mantienen en tensión. Uno de los troqueles puede usarse para soportar la parte conformada durante el transporte y el manejo, y también puede usarse para ayudar a la colocación de la parte sobre un sustrato tal como un laminado de revestimiento, eliminando de este modo la necesidad de un herramienta especial para transportar y colocar la parte. Las realizaciones preferidas de la invención se definen en las reivindicaciones dependientes.

De acuerdo con una realización dada a conocer, se proporciona un aparato para conformar una carga de material compuesto para dar una parte contorneada, que comprende: unos troqueles primero y segundo entre los cuales puede conformarse la carga, teniendo el primer troquel una pluralidad de porciones de primer troquel que pueden desplazarse de forma individual y que forman un contorno de troquel modificable; una pluralidad de accionadores para desplazar de forma respectiva las porciones de primer troquel; y un controlador programado para controlar los primeros accionadores para desplazar las porciones de primer troquel para conformar un contorno deseado. El primer troquel puede incluir una bandeja de troqueles flexible y una pluralidad de porciones de troquel que están montadas sobre la bandeja de troqueles. El primer troquel incluye una pluralidad de porciones de troquel que se controlan mediante unos accionadores que cambian el contorno del primer troquel. El segundo troquel incluye una pluralidad de porciones de troquel también que se controlan mediante unos accionadores que desplazan las porciones de troquel del segundo troquel de forma secuencial con el fin de conformar de manera progresiva la carga de una forma que mantiene la carga en tensión durante el proceso de conformación.

De acuerdo con otra realización dada a conocer, un aparato para conformar una carga de material compuesto para dar una parte contorneada, comprende: unos troqueles primero y segundo entre los cuales puede conformarse la carga, teniendo el primer troquel un contorno que se corresponde con el contorno de la parte que va a conformarse, incluyendo el segundo troquel una pluralidad de porciones de troquel; y unos medios para cerrar las porciones de troquel del segundo troquel contra el primer troquel en una secuencia predeterminada que sustancialmente mantiene la tensión sobre la carga de material compuesto a medida que se está conformando la carga.

De acuerdo con una realización adicional, se proporciona un aparato para conformar una carga de material compuesto para dar una parte conformada, que comprende: una máquina de conformación para conformar la carga de material compuesto; un soporte portátil para transportar la parte conformada lejos de la máquina de conformación; unos troqueles primero y segundo entre los cuales puede conformarse la carga, estando montado el primer troquel sobre la máquina de conformación, y estando montado el segundo troquel sobre el soporte portátil; y unos medios para acoplar de forma liberable el soporte portátil con la máquina de conformación.

De acuerdo con una realización de método dada a conocer, la conformación de una parte de material compuesto contorneada comprende: colocar una carga de material compuesto esencialmente plana entre los troqueles primero y segundo; mantener los troqueles primero y segundo separados el espesor de la carga plana y mover los troqueles primero y segundo de forma conjunta para conformar el contorno de la línea central de la carga sin conformar la sección transversal de la parte, mover entonces el segundo troquel hacia el primer troquel para conformar la sección transversal de la parte en las curvas convexas y el primer troquel hacia el segundo troquel para conformar la sección transversal de la parte en las curvas cóncavas. En una realización de método dada a conocer opcional, conformar una parte de material compuesto contorneada comprende: colocar una carga de material compuesto esencialmente plana entre los troqueles primero y segundo usando los troqueles primero y segundo para conformar una porción de la carga para dar el contorno más inclinado de la parte; y usar los troqueles primero y segundo para conformar las porciones restantes de la carga para dar otros contornos de la parte, incluyendo mantener la tensión sobre la carga a medida que se conforman las porciones restantes de la carga.

De acuerdo con otra realización de método dada a conocer, reducir las arrugas en una carga de material compuesto a medida que se está conformando la carga para dar una parte que tiene un contorno, comprende: conformar una primera porción de la carga para dar la parte más cerrada del contorno; y, entonces, conformar otras porciones de la carga para dar otras partes del contorno, incluyendo mantener la tensión sobre la carga a medida que las otras porciones de la carga se están formando.

De acuerdo con un método que se da a conocer adicionalmente, la conformación de cargas de material compuesto para dar unas partes de material compuesto contorneadas, comprende: almacenar una pluralidad de archivos de datos que contienen de forma respectiva unos datos de contorno que representan los contornos de una pluralidad de

partes; seleccionar una parte que va a conformarse; recuperar los datos de contorno a partir de uno de los archivos de datos para la parte seleccionada; usar los datos de contorno recuperados para calcular el desplazamiento relativo entre dos troqueles que mantendrá la tensión de la carga a medida que se está conformando la carga; y conformar la carga plana entre los troqueles, incluyendo desplazar relativamente los troqueles de acuerdo con el desplazamiento calculado.

De acuerdo con otra realización de método más, un método de fabricación comprende: colocar un primer troquel en una máquina de conformación; colocar un segundo troquel sobre un soporte portátil; acoplar el soporte portátil con la máquina de conformación de tal modo que los troqueles primero y segundo se encuentren a registro uno con otro; usar los troqueles primero y segundo para conformar una carga de material compuesto para dar una parte conformada; desacoplar, de la máquina de conformación, el soporte portátil después de que la parte conformada se haya conformado; y transportar la parte conformada lejos de la máquina de conformación usando el soporte portátil, incluyendo usar el segundo troquel para soportar la parte conformada a medida que la parte conformada se está transportando.

En determinadas realizaciones, se proporciona un aparato para conformar una carga de material compuesto para dar una parte contorneada, que comprende: un primer troquel y un segundo troquel entre los cuales puede conformarse la carga, teniendo el primer troquel un contorno que se corresponde con el contorno de la parte que va a conformarse, incluyendo el segundo troquel una pluralidad de porciones de troquel; y unos medios para cerrar las porciones de troquel del segundo troquel contra el primer troquel en una secuencia predeterminada que sustancialmente mantiene la tensión sobre la carga de material compuesto a medida que se está conformando la carga.

En el aparato de un párrafo más arriba, el primer troquel incluye, de forma opcional, una bandeja de troqueles flexible y una pluralidad de porciones de troquel que están montadas sobre la bandeja de troqueles.

El aparato de un párrafo más arriba comprende además, de forma opcional: una pluralidad de varillas conectadas con y que soportan la bandeja de troqueles, y unos medios para desplazar las varillas una independientemente de otra para cambiar el contorno del primer troquel.

El aparato de tres párrafos más arriba comprende además, de forma opcional: un soporte portátil que tiene el primer troquel montado sobre el mismo; un bastidor que tiene el segundo troquel montado sobre el mismo; y unos medios para acoplar de forma liberable el soporte portátil con el bastidor.

En el aparato de cuatro párrafos más arriba, los medios para cerrar las porciones de troquel del segundo troquel incluyen, de forma opcional: una pluralidad de accionadores para desplazar de forma respectiva las porciones de troquel, y un controlador para controlar el funcionamiento de los accionadores.

En el aparato de un párrafo más arriba, los medios para cerrar las porciones de troquel del segundo troquel incluyen, de forma opcional: un conjunto de datos que definen el contorno de la parte, y un conjunto de instrucciones programadas que definen un algoritmo y usadas por el controlador para controlar el funcionamiento de los accionadores.

En el aparato de seis párrafos más arriba, el primer troquel puede incluir una pluralidad de porciones de troquel, y el aparato puede comprender además: unos medios para montar las porciones de troquel del primer troquel para su desplazamiento uno en relación con otro y para permitir que el contorno del primer troquel se cambie, una pluralidad de accionadores para desplazar de forma respectiva las porciones de troquel del primer troquel, y unos medios de control que incluyen un controlador y un conjunto de instrucciones programadas para controlar el funcionamiento de los accionadores.

En determinadas realizaciones, se proporciona un aparato para conformar una carga de material compuesto para dar una parte conformada, que comprende: una máquina de conformación para conformar la carga de material compuesto; un soporte portátil para transportar la parte conformada lejos de la máquina de conformación; un primer troquel y un segundo troquel entre los cuales puede conformarse la carga, estando montado el primer troquel sobre el soporte portátil, y estando montado el segundo troquel sobre la máquina de conformación; y unos medios para acoplar de forma liberable el soporte portátil con la máquina de conformación.

En el aparato de un párrafo más arriba, el soporte portátil incluye, de forma opcional: un bastidor, y una bandeja soportada sobre el bastidor, estando montado el primer troquel sobre la bandeja.

En el aparato de dos párrafos más arriba, el soporte portátil incluye, de forma opcional, unos medios para acoplar de forma liberable la bandeja con el bastidor y que permiten que la bandeja se retire del bastidor.

En el aparato de tres párrafos más arriba, los medios de acoplamiento liberable incluyen, de forma opcional: una pluralidad de salientes, y una pluralidad de mordazas que están asociadas, de forma respectiva, con los salientes para agarrar de forma liberable los salientes.

En el aparato de cuatro párrafos más arriba, los salientes pueden encontrarse sobre la máquina de conformación, y las mordazas pueden encontrarse sobre el soporte portátil.

5 En el aparato de cinco párrafos más arriba, el primer troquel puede incluir una pluralidad de porciones móviles de forma individual para volver a configurar el contorno del primer troquel, y puede incluir unos medios sobre el soporte portátil para bloquear las porciones de troquel contra el movimiento, fijando de ese modo el contorno del primer troquel.

10 En el aparato de seis párrafos más arriba, el primer troquel puede incluir una pluralidad de porciones de troquel móviles de forma individual para conformar un contorno de troquel deseado, y la máquina de conformación puede incluir una pluralidad de yunques para mover de forma respectiva las porciones de troquel, y los medios de acoplamiento liberable pueden incluir una mordaza sobre los yunques para agarrar el soporte portátil.

15 En determinadas realizaciones, se proporciona un método de reducción de las arrugas en una carga de material compuesto a medida que se está conformando la carga para dar una parte que tiene un contorno, que comprende: conformar una primera porción de la carga para dar una parte relativamente inclinada del contorno; y, entonces, conformar otras porciones de la carga para dar otras partes del contorno, incluyendo mantener la tensión sobre la carga a medida que las otras porciones de la carga se están formando.

20 En el método de un párrafo más arriba, la conformación de las otras porciones de la carga incluye, de forma opcional, conformar unas porciones de la carga para dar unas partes del contorno hacia arriba a partir de la parte inclinada del contorno.

25 En el método de dos párrafos más arriba, la conformación de las otras porciones de la carga incluye, de forma opcional, conformar unas porciones de la carga para dar unas partes del contorno hacia abajo a partir de la parte inclinada del contorno.

30 En el método de tres párrafos más arriba, la conformación de las otras porciones de la carga incluye, de forma opcional, conformar de forma secuencial unas porciones de la carga para dar unas partes del contorno que son progresivamente menos inclinadas que la parte relativamente inclinada del contorno.

35 En determinadas realizaciones, se proporciona un método de conformación de cargas de material compuesto para dar unas partes de material compuesto contorneadas, que comprende: almacenar una pluralidad de archivos de datos que contienen de forma respectiva unos datos de contorno que representan los contornos de una pluralidad de partes; seleccionar una parte que va a conformarse; recuperar los datos de contorno a partir de uno de los archivos de datos para la parte seleccionada; usar los datos de contorno recuperados para calcular el desplazamiento relativo entre dos troqueles que mantendrá la tensión de la carga a medida que se está conformando la carga; y conformar la carga entre los troqueles, incluyendo desplazar relativamente los troqueles de acuerdo con el desplazamiento calculado.

40 El método de un párrafo más arriba puede comprender además usar los datos de contorno recuperados para volver a configurar el contorno de uno de los troqueles para que coincida con el contorno de la parte seleccionada.

45 En el método de dos párrafos más arriba, la conformación de la carga puede incluir desplazar por separado cada una de una pluralidad de porciones de uno de los troqueles hacia el otro troquel, y calcular el desplazamiento relativo puede incluir calcular la secuencia en la que las porciones se desplazan hacia el otro troquel.

50 En el método de tres párrafos más arriba, la conformación de la carga puede incluir: usar los troqueles para conformar una porción de la carga para dar el área más inclinada del contorno, y usar los troqueles para conformar las porciones restantes de la carga para dar otras áreas del contorno, incluyendo mantener la tensión sobre la carga a medida que se conforman las porciones restantes de la carga.

55 En el método de un párrafo más arriba, mantener la tensión sobre la carga puede realizarse mediante la conformación secuencial de las porciones restantes de la carga para dar las otras áreas del contorno que son progresivamente menos inclinadas que la parte más inclinada del contorno.

En el método de cinco párrafos más arriba, conformar la carga puede incluir conformar de forma secuencial unas porciones de la carga para dar unas partes del contorno que son progresivamente menos inclinadas.

60 En determinadas realizaciones, se proporciona un método de fabricación, que comprende: colocar un primer troquel en una máquina de conformación; colocar un segundo troquel sobre un soporte portátil; acoplar el soporte portátil con la máquina de conformación de tal modo que los troqueles primero y segundo se encuentren a registro uno con otro; usar los troqueles primero y segundo para conformar una carga de material compuesto para dar una parte conformada; desacoplar, de la máquina de conformación, el soporte portátil después de que la parte conformada se haya conformado; y transportar la parte conformada lejos de la máquina de conformación usando el soporte portátil, incluyendo usar el segundo troquel para soportar la parte conformada a medida que la parte conformada se está

transportando.

En el método de un párrafo más arriba, colocar el segundo troquel sobre el soporte portátil puede incluir: colocar el segundo troquel sobre una bandeja, y montar la bandeja sobre el soporte portátil.

5 El método de dos párrafos más arriba puede comprender además: retirar, del soporte portátil, la bandeja mientras que la parte conformada está soportada en el segundo troquel sobre la bandeja; y usar la bandeja para colocar la parte conformada sobre un sustrato.

10 En el método de un párrafo más arriba, retirar la bandeja puede incluir liberar una conexión entre la bandeja y el soporte portátil.

15 El método de cuatro párrafos más arriba puede comprender además: montar la bandeja sobre una máquina de colocación; y usar la máquina de colocación para mover la bandeja hasta la superficie y colocar la parte conformada sobre el sustrato.

20 En determinadas realizaciones, se proporciona un método de conformación de un miembro estructural contorneado para una aeronave usando una carga de material compuesto plana en la que se reduce la aparición de arrugas de la carga producidas por la conformación, que comprende: ajustar el contorno de un segundo troquel, incluyendo usar una primera pluralidad de accionadores para ajustar unas porciones del segundo troquel para que coincidan sustancialmente con el contorno del miembro estructural; colocar una carga de material compuesto sustancialmente plana entre el segundo troquel y un primer troquel; conformar una primera porción de la carga para dar una parte relativamente inclinada del contorno del miembro estructural, incluyendo usar un segundo conjunto de accionadores para desplazar unas porciones del primer troquel en relación con el segundo troquel; conformar otras porciones de la carga para dar otras partes del contorno del miembro estructural que son menos inclinadas que la parte relativamente inclinada del contorno, incluyendo usar el segundo conjunto de accionadores para desplazar otras porciones del segundo troquel; y usar un controlador programado para accionar los accionadores.

30 En determinadas realizaciones, se proporciona un aparato para conformar una carga de material compuesto sustancialmente plana para dar un miembro estructural contorneado sustancialmente libre de arrugas para aeronaves, que comprende: unos troqueles primero y segundo entre los cuales puede conformarse la carga, incluyendo el primer troquel una pluralidad de porciones de troquel ajustables para conformar cualquiera de una pluralidad de contornos, incluyendo el segundo troquel una pluralidad de porciones de troquel que pueden desplazarse de forma independiente; una primera pluralidad de accionadores para ajustar de forma respectiva las porciones de troquel ajustables; una segunda pluralidad de accionadores para desplazar de forma independiente las porciones de troquel que pueden desplazarse para conformar unas porciones de la carga; una pluralidad de conjuntos de datos, definiendo cada uno un contorno para dar el cual puede conformarse la carga; y un controlador programado para controlar el funcionamiento de los conjuntos primero y segundo de accionadores.

40 Las realizaciones que se dan a conocer satisfacen la necesidad de un método y aparato para conformar partes de material compuesto sumamente contorneadas que pueda configurarse con facilidad para conformar diversos contornos y que reduzca o elimine las arrugas en las partes conformadas.

45 Otras características, beneficios y ventajas de las realizaciones que se dan a conocer serán evidentes a partir de la siguiente descripción de realizaciones, cuando se ve de acuerdo con los dibujos adjuntos y las reivindicaciones anexas.

Breve descripción de las ilustraciones

50 la figura 1 es un diagrama de bloques funcionales de un aparato para conformar partes de material compuesto sumamente contorneadas.

la figura 2 es una ilustración en perspectiva del aparato que se muestra en la figura 1, en la que un soporte portátil se muestra desacoplado de la máquina de conformación.

55 la figura 3 es una ilustración similar a la de la figura 2 pero que muestra el soporte portátil acoplado con la máquina de conformación y los troqueles en una posición abierta, listo para recibir una carga de material compuesto plana.

60 la figura 4 es una ilustración similar a la de la figura 2 pero que muestra los troqueles en una posición de conformación cerrada.

la figura 5 es una ilustración esquemática de componentes para cambiar el contorno del troquel y conformar la carga.

65

la figura 6 es una vista en perspectiva de un miembro estructural con forma de sombrero conformado por el aparato que se muestra en las figuras 1–5.

5 la figura 7 es una vista lateral del miembro estructural que se muestra en la figura 6.

la figura 8 es una ilustración en perspectiva de la placa de soporte para el primer troquel.

10 la figura 9 es una vista ampliada del área designada como “A” en la figura 8 y que muestra detalles adicionales de la placa de soporte.

la figura 10 es una ilustración en perspectiva del primer troquel.

15 la figura 11 es una vista en la dirección 11–11 que se muestra en la figura 10, y que ilustra detalles adicionales de la placa de soporte.

la figura 12 es una ilustración en perspectiva de un conjunto de deslizamiento que forma parte del aparato que se muestra en las figuras 2–4.

20 la figura 13 es una vista en perspectiva que muestra detalles de la conexión entre la bandeja de troqueles y una varilla de soporte.

la figura 14 es una vista en perspectiva de la conexión que se muestra en la figura 12 pero vista desde un ángulo diferente.

25 la figura 15 es una vista en perspectiva similar a la de la figura 14 pero que muestra un segundo yunque bloqueado con la conexión.

la figura 16 es una ilustración en perspectiva del segundo yunque y que muestra detalles del acoplamiento.

30 la figura 17 es una vista en perspectiva que ilustra un mecanismo de sujeción que se usa para bloquear el contorno del segundo troquel.

las figuras 18–20 son unas gráficas útiles para explicar la secuencia de conformación.

35 la figura 21 es un diagrama de bloques funcionales del sistema de control que forma parte del aparato.

la figura 22 es un diagrama de flujo que ilustra de forma general el método que se da a conocer.

40 la figura 23 es un diagrama de flujo que ilustra unas etapas adicionales del método que se ilustra en la figura 22.

la figura 24 es una vista lateral que ilustra el uso de la bandeja de troqueles y el segundo troquel para colocar una parte conformada sobre la superficie de un revestimiento laminado.

45 la figura 25 es un diagrama de flujo que ilustra un método de transporte de la parte conformada hasta una ubicación en la que esta se coloca sobre un sustrato.

la figura 26 es un diagrama de flujo de la metodología de producción y de servicio de aeronaves.

50 la figura 27 es un diagrama de bloques de una aeronave.

Descripción detallada

55 Haciendo referencia en primer lugar a la figura 1, un aparato indicado en general por el número 30 puede usarse para conformar una carga de material compuesto sustancialmente plana 36 para dar una parte contorneada (que no se muestra). Tal como se usan en el presente documento, “parte” y “miembro estructural” hacen referencia a una amplia diversidad de partes de material compuesto contorneadas que, debido a la relativa severidad de sus contornos, pueden estar sometidas a la aparición de arrugas durante el proceso de conformación. Por conveniencia, las realizaciones se describirán en conexión con la conformación de un miembro estructural, no obstante, otras partes alargadas que tengan curvaturas o contornos a lo largo de su longitud pueden conformarse de acuerdo con las realizaciones.

65 El aparato 30 incluye de forma general unos troqueles primero y segundo 32, 34, entre los cuales puede conformarse de forma respectiva una carga de material compuesto plana 36 para dar una parte contorneada sustancialmente libre de arrugas. El primer troquel 32 incluye una pluralidad de porciones de primer troquel 32a que pueden desplazarse de forma independiente una en relación con otra y reaccionar contra un conjunto

correspondiente de primeros yunques 78. Las porciones de primer troquel 32a conforman un contorno de troquel modificable 37 (figuras 2 y 5). De forma similar, el segundo troquel 34 incluye una pluralidad de porciones de segundo troquel que pueden desplazarse de forma independiente 34a que reaccionan contra un conjunto correspondiente de segundos yunques 80. Las porciones de segundo troquel 34a están montadas sobre una placa de soporte flexible 48.

El primer troquel 32 está soportado sobre una bandeja de troqueles flexible 56 montada sobre el soporte portátil 30b que está acoplado de forma liberable con los primeros yunques 78 por medio de un acoplamiento liberable 95. Un conjunto de accionadores de control de contorno 77 controla el desplazamiento de los primeros yunques 78 y, por lo tanto, controla el desplazamiento independiente de las porciones de primer troquel 32a para cambiar el contorno del primer troquel 32 a lo largo de su longitud. Un conjunto de accionadores de conformación de forma 75 controla el desplazamiento de los segundos yunques 80 y, por lo tanto, controla de forma independiente el desplazamiento de las porciones de segundo troquel 34a. Los accionadores 75, 77 se controlan mediante un controlador programado 134 que, tal como se analizará posteriormente, usa unas entradas de operador, un algoritmo y unos datos de contorno de parte para controlar el funcionamiento de los accionadores 75, 77. A través del funcionamiento del controlador 134, las porciones de primer troquel 32a pueden desplazarse de forma individual para conformar de manera colectiva un contorno de troquel modificable 37 (figura 5) que se corresponde con la parte que va a conformarse. De forma similar, a través del funcionamiento del controlador 134, las porciones de segundo troquel 34a se desplazan individualmente de forma secuencial para conformar la carga plana 36 contra el primer troquel contorneado 32a de una forma que mantiene la tensión sobre la carga 36 a través de la totalidad del proceso de conformación a medida que el segundo troquel 34 se cierra contra el primer troquel 32, reduciendo o eliminando de este modo las arrugas en la parte conformada.

Las figuras 2–5 ilustran unos detalles adicionales del aparato 30 que pueden usarse para conformar una carga plana 36 (figura 3) para dar una parte 38 tal como un miembro estructural contorneado del tipo que se muestra en las figuras 6 y 7. En el presente ejemplo, la parte 38 es un rigidizador con forma de sombrero que puede usarse, por ejemplo y sin limitación, en la industria aeronáutica para reforzar una diversidad de estructuras tales como alas, largueros, estabilizadores, etc. En el ejemplo que se ilustra, la parte 38 incluye una sección de sombrero central 40, y un par de pestañas que se extienden hacia fuera 42. Tal como se muestra en la figura 7, la parte 38 se contornea en la etapa 45 a lo largo de su eje longitudinal 43. Tal como se usan en el presente documento, “contorneado” y “sumamente contorneado” quieren decir un contorno o curvatura en la dirección de la longitud de la carga que es suficiente en cuanto a su severidad para dar como resultado la potencial aparición de arrugas o agrupamiento entre las capas que forman la carga plana 36 cuando se usan técnicas de conformación convencionales. Tal como se analizará en lo sucesivo, la aparición de arrugas de la carga de material compuesto 36 que se usa para conformar la parte 38 se reduce o se elimina mediante la conformación de la totalidad del miembro a la vez comenzando en el radio interior o más pequeño 38a y, mientras que se mantiene el conjunto de troquel exterior estacionario, moviendo los troqueles internos hacia fuera hacia el radio más grande. De forma opcional, la aparición de arrugas de la carga de material compuesto 36 que se usa para conformar la parte 38 se reduce o se elimina comenzando la conformación en la parte más inclinada 38a del contorno 45, y avanzando entonces hasta las partes adyacentes 38b, 38c que son progresivamente menos inclinadas, de tal modo que la tensión sobre la carga 36 se mantiene sustancialmente a través de la totalidad del proceso de conformación. Tal como se usan en el presente documento, “inclinado” y “más inclinado” hacen referencia al área de la parte 38 que tiene la mayor velocidad de cambio en cuanto a su forma, tal como, por ejemplo y sin limitación, la parte más cerrada o pronunciada de una curva.

La carga de material compuesto 36 puede comprender múltiples capas (que no se muestran) de materiales preimpregnados que pueden ser materiales textiles de punto o tejidos preimpregnados con un aglutinante de resina adecuado. No obstante, el método y aparato que se dan a conocer también pueden ser útiles en la formación de cargas secas en las que los materiales textiles se han tratado previamente con materiales de resina que pueden dar lugar a que las capas se arruguen durante el proceso de conformación. De forma similar, el método y aparato que se dan a conocer pueden ser útiles en la formación de cargas de múltiples capas de material textil en seco que tienen unos “agentes de pegajosidad” que pegan las capas de material textil entre sí en una forma y/o alineamiento deseado antes de la infusión de resina. Asimismo, a pesar de que las realizaciones que se dan a conocer se han ilustrado en conexión con la conformación de las cargas de material compuesto 36, estas también pueden ser útiles en la formación de cargas que comprenden otros materiales de múltiples capas que tienen tendencia a arrugarse durante la conformación de partes sumamente contorneadas.

Haciendo referencia a continuación, en particular, a las figuras 2–5, el aparato 30 comprende de forma general una máquina de conformación 30a y un soporte portátil 30b. El aparato 30 incluye unos troqueles primero y segundo 32, 34 entre los cuales puede colocarse de forma respectiva la carga plana 36 con el fin de conformar la carga 36 para dar una parte contorneada 38 (figura 6). El aparato 30 puede emplear un sistema de coordenadas x, y, z ortogonal 44 en el que el eje x se corresponde con la dirección longitudinal de la carga 36, y el contorno formado se extiende en la dirección y.

El primer troquel 32 está montado sobre el soporte portátil 30b, mientras que el segundo troquel 34 está montado sobre la máquina de conformación 30a. El soporte portátil 30b comprende un bastidor con ruedas 62 que tiene una viga 60 montada sobre el mismo. El primer troquel 32 comprende una pluralidad de porciones de troquel individuales

- 32a que pueden desplazarse de forma individual una en relación con otra y conforman de este modo un contorno de troquel modificable 37. Las porciones de troquel 32a están montadas sobre una bandeja de troqueles flexible 56 formada de cualquier material flexible adecuado, tal como aluminio delgado o un material sintético. La bandeja de troqueles 56 está soportada sobre una pluralidad de varillas de empuje separadas 58 cada una de las cuales está montada para el desplazamiento vertical sobre la viga 60. Tal como se analizará posteriormente con más detalle, el soporte portátil 30b puede usarse para transportar el primer troquel 32 que soporta una parte conformada 38 en su interior hasta una ubicación en la que la parte 38 puede transferirse o bien a un instrumental de curado (que no se muestra) o bien colocarse sobre un sustrato, tal como un revestimiento sin curar (que no se muestra).
- 5
- 10 El segundo troquel 34 está montado sobre la parte de abajo de una placa de soporte flexible 48 que puede comprender, por ejemplo y sin limitación, aluminio u otros metales similares relativamente delgado o materiales sintéticos flexibles. La placa de soporte 48 está montada sobre una pluralidad de segundos yunques 80 para el movimiento de deslizamiento a lo largo del eje x mediante una serie de placas de deslizamiento 54 que se analizarán con más detalle en lo sucesivo. Los segundos yunques 80 están fijados a unos soportes 76 que están montados sobre los brazos de deslizamiento 66 correspondientes. Los brazos de deslizamiento 66 están montados para un movimiento de deslizamiento vertical independiente a lo largo del eje y, sobre unos soportes verticales 70 que están fijados a su vez a un bastidor 64. Los soportes verticales 74 pueden desplazarse mediante los accionadores de conformación de forma 75 a lo largo del eje y.
- 15
- 20 Los primeros yunques 78 están fijados de forma respectiva a los brazos de deslizamiento 68 mediante unos soportes 81. Los brazos de deslizamiento 68 están montados de forma deslizante sobre los soportes verticales 70 para el movimiento a lo largo del eje y. Los brazos de soporte 68 también están fijados a unos soportes verticales 72 que pueden desplazarse a lo largo del eje y mediante los accionadores de control de contorno 77. Por lo tanto, a partir de la descripción precedente, puede apreciarse que los yunques primeros y segundos 78, 80 respectivamente, pueden moverse uno hacia y lejos de otro, accionados de forma respectiva mediante los accionadores 77, 75.
- 25
- Haciendo referencia a continuación, en particular, a las figuras 8–11 la placa de soporte flexible 48 incluye una pluralidad de conjuntos de soportes de guía 52 que guían el movimiento de deslizamiento relativo entre las placas de deslizamiento 54 y la placa de soporte 48 en la dirección del eje x 44. Los brazos 55 sobre los extremos de los pasadores de pivote 51 que se analizan posteriormente montados sobre unas placas laterales 54 pueden enganchar uno de los soportes de guía 52 para limitar el desplazamiento relativo entre las placas de deslizamiento 54 y la placa de soporte 48.
- 30
- Tal como se muestra en la figura 10, el segundo troquel 34 puede incluir una pluralidad de muescas o ranuras separadas en sentido longitudinal transversales 57 formadas en su interior que proveen al segundo troquel 34 de la flexibilidad necesaria para curvarse y/o retorcerse a lo largo de su eje longitudinal 63 con el fin de conformar el segundo troquel 34 para dar un contorno particular. En el ejemplo que se ilustra, el segundo troquel 34 está formado de aluminio, no obstante puede emplearse una diversidad de otros materiales adecuados incluyendo otros metales y plásticos. Dependiendo de la flexibilidad de los materiales que se usan para fabricar el troquel 34, puede que las muescas 57 no sean necesarias en algunas realizaciones. A pesar de que el segundo troquel 34 se ha ilustrado como que es un único miembro flexible, el segundo troquel 34 también puede formarse de una pluralidad de piezas individuales.
- 35
- 40 La placa de soporte 48 puede incluir una pluralidad de muescas o ranuras separadas en sentido longitudinal que se extienden en sentido transversal 50 en su interior que reducen el espesor de la placa de soporte 48 en unas ubicaciones separadas que proveen a la placa de soporte 48 y, por lo tanto, al segundo troquel 34, de la flexibilidad necesaria para curvarse y/o retorcerse con el fin de conformar unas formas de partes sumamente contorneadas.
- 45
- La figura 12 ilustra detalles adicionales de un conjunto de deslizamiento 59. Cada uno de los brazos de deslizamiento 66, 68 puede montarse para un movimiento de deslizamiento vertical sobre el soporte vertical 70 por medio de unos carriles de deslizamiento 71 u otras disposiciones de montaje adecuadas. Los brazos de deslizamiento 66, 68 están alineados en sentido vertical de tal modo que el primer yunque 78 permanece alineado por debajo del segundo yunque 80 a medida que los brazos de deslizamiento 66, 68 se mueven uno en relación con otro. Una célula de carga 90 puede colocarse entre uno o más conjuntos de los brazos de deslizamiento 66, 68 con el fin de medir la fuerza que se aplica a los troqueles 32, 34 a través de los yunques 78, 80. El movimiento de los yunques 78, 80 uno hacia otro durante el proceso de conformación comprime la célula de carga 90 que responde mediante la generación de una señal eléctrica que representa la fuerza de compresión que está siendo aplicada mediante los yunques 78, 80 a la carga 36. Los segundos yunques 80 están conectados de forma pivotante con la placa de deslizamiento 54 mediante los pasadores de pivote 51.
- 50
- 55
- 60
- A continuación, se dirige la atención a las figuras 13 y 14 que muestran detalles de un conjunto de montaje autoajutable 92 que se usa para montar la bandeja de troqueles 56 sobre cada una de las varillas de empuje 58. Un soporte con forma de U superior 94 está fijado al extremo superior de la varilla de empuje 58 e incluye unos pasadores de pivote pendientes hacia fuera 96. Un soporte con forma de U inferior 98 está montado de forma pivotante sobre el soporte superior 94 mediante los pasadores de pivote 96 que se reciben dentro de unas ranuras curvadas 100 en el soporte inferior 98. Una serie de elementos de resorte 102 colocados entre los soportes 94, 98
- 65

desvían el soporte superior 98 hasta una posición centrada 97 que se muestra en las figuras 13–15, no obstante puede emplearse una diversidad de otros medios de desviación (que no se muestran) en lugar de los elementos de resorte 102. Un miembro de enganche 110 está fijado al soporte superior 98 y se extiende hacia abajo al interior del espacio rodeado por el soporte inferior 94.

5 La placa de deslizamiento 104 y, por lo tanto, la bandeja 56, están conectados de forma liberable con el soporte superior 98 por medio de un pasador de articulación 108 que se extiende a través de unas orejetas 106 sobre la placa de deslizamiento 104 y una porción 99 del soporte superior 98. El pasador de articulación 108 puede incluir un mango 108a que permite una extracción sencilla del pasador de articulación 108. Retirar el pasador de articulación 108 libera del soporte portátil 30b la bandeja 56, permitiendo de este modo que la bandeja 56 se use o bien en la colocación de la parte conformada 38 sobre un sustrato (que no se muestra), o bien en el transporte de la parte conformada 38 hasta un troquel de curado (que no se muestra), o que se sustituya con otra bandeja 56 que tiene un troquel diferente.

15 La bandeja 56 puede deslizarse sobre la superficie superior de la placa 104 que permanece conectada de forma estacionaria con el soporte superior 98. Cuatro conjuntos de guías 112 están montados sobre la bandeja 56 e incluyen unos rodillos 112a que se acoplan con la parte de abajo y los bordes de la placa 104 con el fin de mantener el alineamiento de la bandeja 56 en relación con la placa 104 durante el movimiento de deslizamiento de la bandeja 56.

20 A continuación, también se hace referencia a las figuras 15 y 16, que muestran detalles del acoplamiento liberable 95 que se ha mencionado previamente en conexión con la figura 1. El primer yunque 78 incluye un brazo de yunque saliente 82 que está provisto de una ranura 84 en su extremo exterior que recibe de forma complementaria el miembro de enganche 110. Un par de brazos de retención 86 montados de forma pivotante sobre los brazos de yunque 82 se mueven desde su posición abierta que se muestra en la figura 16, hasta una posición cerrada que bloquea el miembro de enganche 110 entre los mismos, fijando de ese modo la posición del primer troquel 32 por debajo del segundo troquel 34.

30 La figura 17 ilustra unos mecanismos de bloqueo 109 que bloquean el contorno del primer troquel 32 después de que la parte 38 se haya conformado, de tal modo que el primer troquel contorneado 32 continúa soportando de manera conforme la parte 38 a medida que esta se está transportando sobre el soporte portátil 30b. Unos manguitos compresibles flexibles 101 están montados sobre y pasan en sentido vertical a través de la viga 60. Las varillas de empuje 58 pasan de forma respectiva a través de y pueden deslizarse en el interior de los manguitos 101. Cada uno de los mecanismos de bloqueo 109 incluye un par de abrazaderas opuestas 103 articuladas entre sí y que se controlan mediante un cilindro neumático o hidráulico 105 que genera una fuerza que actúa para juntar las abrazaderas 103 entre sí, aplicando de ese modo una presión de sujeción al manguito 101. La presión de sujeción que se aplica a los manguitos 101 mediante las abrazaderas 103 comprime los manguitos 101 para sujetar las varillas de empuje 58 en su lugar, bloqueando a su vez las porciones de troquel 32a del primer troquel 32 contra el movimiento relativo. Dicho de otra forma, bloquear las varillas de empuje 58 en su lugar fija el contorno del primer troquel 32.

45 Haciendo referencia a continuación también a las figuras 1–5 y 12, durante el funcionamiento, se hace que el soporte portátil 30b se mueva a las proximidades de la máquina de conformación 30a y las varillas de empuje 58 se guían hasta, y se bloquean con, los primeros yunques 78. Una carga plana 36 puede colocarse sobre el primer troquel 32, a continuación de lo cual el contorno del primer troquel 32 se configura para dar una forma deseada usando los accionadores de control de contorno 77 para desplazar los soportes verticales 72. El desplazamiento de cada uno de los soportes verticales 72 da como resultado que el brazo de deslizamiento 68 se mueva o bien hacia arriba o bien hacia abajo, lo que a su vez desplaza el primer yunque 78 correspondiente que se bloquea con una de las varillas de empuje 58. El desplazamiento de las varillas de empuje 58 mediante los primeros yunques 78 flexiona la bandeja de troqueles 56, lo que a su vez desplaza las porciones de troquel 32a o bien hacia arriba o bien hacia abajo para conformar un contorno deseado coincidiendo sustancialmente con el contorno de la parte 38 que va a conformarse. Por lo tanto, puede apreciarse que los accionadores de control de contorno 77 controlan el contorno 37 adoptado por el primer troquel 32. Los pasadores de pivote 96 permiten que la carga 36 se retuerza alrededor de su eje longitudinal 43 (figuras 3, 6 y 7) durante el proceso de conformación, y la placa deslizante 104 proporciona unas diferencias de longitud de arco con una separación de accionador constante, y también proporciona una rigidez adicional a la bandeja de conformación 56.

60 Habiéndose configurado el primer troquel 32 para un contorno deseado, entonces se comienza el proceso de conformación en el que los segundos yunques 80 desplazan de forma independiente unas porciones de la placa de soporte superior 48 que a su vez desplaza unas porciones 34a del segundo troquel flexible 34. Tal como se describirá con más detalle en lo sucesivo, a medida que el segundo troquel 34 se cierra contra el primer troquel contorneado 32, unas porciones de la carga 36 se conforman de manera progresiva para dar el contorno deseado desplazando de forma secuencial las porciones de segundo troquel 34a de una forma que mantiene la carga en tensión durante el proceso de conformación.

65

Tal como se ha analizado previamente, mantener la carga 36 en tensión puede reducir la posibilidad de la aparición de arrugas de la carga 36 durante la conformación. Las realizaciones que se dan a conocer mantienen la carga 36 en tensión durante el proceso de conformación mediante la conformación de la carga 36 a partir de la parte de arriba hacia abajo o de la parte de abajo hacia arriba, dependiendo de la dirección de un contorno particular sobre la parte

5 38. Mediante la conformación a partir de la parte de arriba hacia abajo o de la parte de abajo hacia arriba comenzando en la parte más inclinada del contorno, las capas de la carga 36 se están formando constantemente hacia un radio grande del contorno, manteniendo de este modo las capas en tensión.

A continuación, se dirige la atención a las figuras 18–20, que ilustran de forma esquemática el orden en el que los accionadores de conformación de forma 75 pueden accionarse de forma secuencial para conformar de manera progresiva la carga 36 de tal modo que la conformación progresa, de forma progresiva, desde las áreas más inclinadas hasta las menos inclinadas del contorno. Dicho de otra forma, la conformación progresa desde las áreas que tienen más contorno hasta aquellas que tienen menos contorno. En las figuras 18–20, el eje x representa la posición de los accionadores de conformación de forma 75, mientras que el eje e indica la cantidad de desplazamiento de los accionadores 75.

10 15

En la figura 18, el número 114 designa una línea de referencia definida mediante ingeniería que pasa a través de los puntos de desplazamiento 120 de los accionadores de conformación de forma 75 y, por lo tanto, se conforma sustancialmente para dar el contorno de la parte 38 después de la conformación. La figura 18 representa una conformación de abajo hacia arriba en la que los accionadores superiores e inferiores 75, 77 respectivamente, están colocados en los puntos 120 representados en la figura. La conformación de la sección de sombrero 40 tiene lugar debido a que el troquel superior 34 se mantiene estacionario y las porciones de troquel inferior 32a se mueven hacia arriba. Como una secuencia opcional, la conformación comienza en la parte más inclinada 123 del contorno y progresa de forma secuencial hacia los extremos de la carga 36. La figura 19 ilustra otra línea de referencia 122 que se corresponde con una forma de contorno diferente en la que la conformación se comienza cerca de la parte media de la carga 36, tal como se muestra mediante el número 124, en la que los accionadores de conformación de forma 75 cerca del centro de la carga 36 se acoplan con y conforman el área que tiene el mayor contorno antes de que los accionadores de conformación de forma restantes 75 conformen de manera progresiva las áreas que tienen menos contorno. Las líneas de referencia por encima del eje x representan una conformación de arriba hacia abajo, mientras que una línea de referencia por debajo del eje x indica una conformación de abajo hacia arriba. El número 126 designa el retardo de partida total entre los accionadores de conformación 75 cerca del centro de la carga 36 en comparación con los que se encuentran en las extremidades exteriores de la carga 36.

20 25 30

La figura 20 muestra una línea de referencia 130 que se corresponde con una parte contorneada compuesta 38 que tiene unas curvas tanto convexas como cóncavas. En el presente ejemplo, la conformación se comienza mediante los accionadores de conformación de forma ubicados de forma más central 75 y el proceso de conformación progresa a partir del centro usando tanto una conformación de arriba hacia abajo como una conformación de abajo hacia arriba para conformar las formas convexas y cóncavas de la parte 38.

35 40

A continuación, se dirige la atención a la figura 21 que muestra, en forma de bloques funcionales, un sistema de control que forma parte del aparato 30 para conformar partes de material compuesto sumamente contorneadas 38. El sistema de control incluye un controlador 134 que puede ser un PC (*portable computer*, ordenador portátil) o un PLC (*programmable logic controller*, controlador lógico programable) que controla el funcionamiento de los accionadores de control de contorno 77 y los accionadores de conformación de forma 75. El controlador 134 puede acceder a unos archivos 140 que contienen una pluralidad de conjuntos de datos 142. Los conjuntos de datos 142 contienen unos datos que representan los contornos para cada una de una pluralidad de partes 38. El controlador 134 también usa un programa de control 138 que puede incluir un algoritmo que determina cómo debería progresar la conformación y el funcionamiento secuencial de los accionadores de conformación de forma 75 necesario para mantener la carga 36 en tensión durante la conformación. Un conjunto de controles de entrada de operador 136 permite que un operador introduzca o cambie cualquiera de los conjuntos de datos 142 así como el programa de control 138 con unos valores definidos por operador. El controlador 134 también puede recibir señales a partir de la célula de carga 90 que pueden usarse para supervisar la presión que se aplica a la carga 36 mediante los accionadores 75, 77.

45 50

Basándose en un número de parte seleccionado por un operador usando los controles de entrada de operador 136, el controlador 134 acciona de forma selectiva los accionadores de control de contorno 77 con el fin de configurar el primer troquel 32 para un contorno que se corresponde con el de la parte seleccionada 38. Habiéndose configurado el contorno del primer troquel 32, el controlador 134 controla entonces de forma selectiva los accionadores de conformación de forma 75 para llevar a cabo una conformación progresiva de la carga 36 usando una conformación o bien de arriba hacia abajo o bien de abajo hacia arriba, o una combinación de ambas, tal como se ha descrito anteriormente. A partir de lo anterior, puede apreciarse que con algoritmos y un control automatizados, el aparato 30 puede conformar una carga plana 36 para dar una parte 38 a partir de la parte de abajo hacia arriba o de la parte de arriba hacia abajo o cualquier combinación entre las mismas. Esto permite que cualquier parte dada 38 cambie de forma sin arrugas con independencia de si esta se curva en una dirección convexa o cóncava o una combinación de ambas en cualquier parte a lo largo de su longitud.

55 60 65

La figura 22 ilustra de forma general las etapas del método de conformación que se ha descrito anteriormente. Comenzando en la etapa 144, una carga plana 36 se coloca entre los troqueles superior e inferior 32, 34. A continuación, en la etapa 146, la carga 36 se conforma en correspondencia con el contorno de la parte 38 sin conformar el perfil en sección transversal. La carga plana 36 se conforma para dar el contorno de la línea central 43 (véase la figura 7) de la parte 38 mediante el cierre los troqueles 32, 34 hasta que estos están separados el espesor de la carga 36, y desplazando entonces las porciones de troquel 32a, 34a de una forma que conforma o "curva" la carga plana 36; en este punto, la sección transversal de la carga 36 es aún plana, pero el perfil de la carga 36 es el de la línea central contorneada 43. Por último, en la etapa 148, el perfil en sección transversal de la carga 36 se conforma comenzando en el radio más pequeño (38a en la figura 7) y conformándose hacia el radio más grande de la parte 38. La velocidad de conformación puede controlarse mediante el control de los accionadores 75, 77 para moverse a la misma velocidad, o para moverse a diferentes velocidades de tal modo que la conformación se completa para todos los accionadores al mismo tiempo, o una combinación tanto de sincronismo como de velocidad.

A continuación, se dirige la atención a la figura 23 que muestra detalles adicionales del método para conformar partes de material compuesto sumamente contorneadas 38. Comenzando en la etapa 150, una carga plana 36 se tiende sobre el primer troquel 32. En la etapa 152, un operador puede seleccionar e introducir el número de una parte particular que va a conformarse. Unos datos que describen la forma y las dimensiones para una pluralidad de números de parte pueden almacenarse en la etapa 154. A continuación, después de que el operador haya introducido un identificador tal como, sin limitación, un número de parte, en la etapa 152, el controlador 134 puede recuperar, del almacenamiento, unos datos para el número de parte seleccionado, tal como se muestra en la etapa 156. En la etapa 158, basándose en los datos de parte recuperados, el controlador 134 ajusta el contorno del primer troquel 32 para que coincida sustancialmente con el de la parte seleccionada a través del funcionamiento individual de los accionadores de control de contorno 77. A continuación, en la etapa 160, el controlador 134 usa los datos de parte recuperados y un algoritmo que forma parte de un programa 138 para calcular el desplazamiento y la secuencia de movimiento para las porciones de segundo troquel 34a que dará como resultado que la carga 36 permanezca en tensión durante el proceso de conformación.

En este punto, los troqueles primero y segundo 32, 34 respectivamente se han preparado para la conformación. En la etapa 162, el controlador 134 controla los accionadores de conformación de forma 75 para desplazar de forma secuencial las porciones de segundo troquel 34a de tal modo que la carga 36 se conforma de manera progresiva mientras que la tensión se mantiene sobre la carga a través de la totalidad del proceso de conformación. Cuando los troqueles primero y segundo 32, 34 se han cerrado por completo, la carga se conforma para dar la forma en la etapa 164.

A continuación, se dirige la atención a la figura 24 que ilustra la forma en la que el primer troquel 32 y la bandeja de troqueles 56 pueden emplearse en un método para ubicar y colocar una parte conformada 38 sobre un sustrato, tal como un revestimiento de material compuesto sin curar 70. Tal como se ha descrito previamente, a continuación del proceso de conformación, la bandeja 56 puede desconectarse del soporte portátil 30b retirando el pasador de articulación 108 (véase la figura 15). La bandeja 56 puede montarse entonces sobre un brazo 172 o un dispositivo similar que forma parte de una máquina de colocación 174 tal como, sin limitación, un robot. Con la bandeja de troqueles 56 fijada al brazo 172, la máquina de colocación 174 puede usarse para ubicar y colocar entonces con precisión la parte conformada 38 sobre el revestimiento 170, a continuación de lo cual la bandeja de troqueles 56 y el troquel 32 se repliegan y se devuelven al soporte portátil 30b.

La figura 25 ilustra un método para fabricar una parte de material compuesto que emplea el soporte portátil 30b que se ha descrito previamente. Comenzando en la etapa 180, una carga plana 36 se conforma para dar una parte 38. El contorno del primer troquel 32 se bloquea en su lugar en la etapa 182, a continuación de lo cual los troqueles 32, 34 pueden abrirse en la etapa 184. En este punto, tal como se muestra en la etapa 186, el soporte portátil 30b está desacoplado de la máquina de conformación 30a, lo que permite que el soporte 30b se transporte lejos de la máquina de conformación 30a. Tal como se muestra en la etapa 188, la parte conformada 38 está soportada en el primer troquel 32 sobre la bandeja 56 debido a que el soporte portátil 30b está desacoplado y se hace que se mueva lejos de la máquina de conformación 30a. En la etapa 190, el soporte portátil 30b se usa para transportar la parte conformada 38 hasta un sitio de colocación mientras que está soportada en el primer troquel 32. En el sitio de colocación, tal como se muestra en la etapa 192, la bandeja de troqueles 56 se libera del bastidor portátil 30b retirando el pasador de articulación 108. A continuación, en la etapa 194, la bandeja de troqueles 56 puede conectarse con una máquina de colocación 174 (figura 23). En la etapa 196, la máquina de colocación 174 usa la bandeja de troqueles 56 y el primer troquel 32 para colocar la parte conformada sobre un sustrato tal como el revestimiento 170 que se muestra en la figura 23, o como alternativa sobre un útil de curado (que no se muestra). En algunas aplicaciones, puede ser posible usar la bandeja de troqueles 56 y el primer troquel 32 para sujetar la parte conformada 38 durante el curado. En la etapa 200, la bandeja de troqueles 56 puede volver a instalarse sobre el soporte portátil 30b, a continuación de lo cual la bandeja 56 y el primer troquel 32 pueden devolverse a la máquina de conformación 30a usando el soporte portátil 30b. En la etapa 202, el soporte portátil 30b vuelve a acoplarse con la máquina de conformación 30a.

Puede encontrarse uso para las realizaciones de la divulgación en una diversidad de aplicaciones potenciales, en particular en la industria del transporte, incluyendo por ejemplo, aplicaciones aeroespaciales, marítimas y de

- automoción. Por lo tanto, haciendo referencia a continuación a las figuras 26 y 27, las realizaciones de la divulgación pueden usarse en el contexto de un método de fabricación de aeronaves y de servicio 210 tal como se muestra en la figura 26 y una aeronave 212 tal como se muestra en la figura 27. Durante la preproducción, el método ejemplar 210 puede incluir la especificación y el diseño 214 de la aeronave 212 y la adquisición de materiales 216. Durante la
- 5 producción, tiene lugar la fabricación de componentes y subconjuntos 218 y la integración de sistemas 220 de la aeronave 212. Tras lo anterior, la aeronave 212 puede pasar por la certificación y entrega 222 con el fin de colocarse en servicio 224. Mientras que un cliente la tiene en servicio, la aeronave 212 está programada para un mantenimiento y servicio de rutina 226 (lo que también puede incluir modificación, reconfiguración, reacondicionamiento, y así sucesivamente).
- 10 Cada uno de los procesos del método 210 puede realizarse o llevarse a cabo mediante un integrador de sistemas, un tercero, y/o un operador (por ejemplo, un cliente). Para los fines de la presente descripción, un integrador de sistemas puede incluir sin limitación cualquier número de fabricantes de aeronaves y subcontratistas de sistemas principales; un tercero puede incluir sin limitación cualquier número de vendedores, subcontratistas y
- 15 suministradores; y un operador puede ser una compañía aérea, una sociedad de arrendamiento financiero, una entidad militar, una organización de servicios, y así sucesivamente.
- Tal como se muestra en la figura 27, la aeronave 212 producida mediante el método ejemplar 210 puede incluir una estructura de aeronave 228 con una pluralidad de sistemas 230 y una parte interior 232. Los ejemplos de sistemas
- 20 de alto nivel 230 incluyen uno o más de un sistema de propulsión 234, un sistema eléctrico 236, un sistema hidráulico 238 y un sistema ambiental 240. Puede incluirse cualquier número de otros sistemas. A pesar de que se muestra un ejemplo aerospacial, los principios de la divulgación pueden aplicarse a otras industrias, tales como las industrias marítima y de la automoción.
- 25 Los sistemas y los métodos que se realizan en el presente documento pueden emplearse durante cualesquiera una o más de las fases del método de producción y de servicio 210. Por ejemplo, pueden fabricarse o manufacturarse componentes o subconjuntos que se corresponden con el proceso de producción 218 de una forma similar a la de los componentes o subconjuntos producidos mientras que la aeronave 212 se encuentra en servicio. Asimismo, pueden utilizarse una o más realizaciones de aparato, realizaciones de método, o una combinación de las mismas
- 30 durante las fases de producción 218 y 220, por ejemplo, mediante la agilización sustancial del montaje de, o reduciendo el coste de, una aeronave 212. De forma similar, pueden utilizarse una o más de las realizaciones de aparato, las realizaciones de método, o una combinación de las mismas mientras que la aeronave 212 se encuentra en servicio, por ejemplo y sin limitación, para el mantenimiento y servicio 226.
- 35 A pesar de que las realizaciones de la presente divulgación se han descrito con respecto a determinadas realizaciones ejemplares, ha de entenderse que las realizaciones específicas son para fines de ilustración y no de limitación, debido a que a los expertos en la materia se les ocurrirán otras variantes.

REIVINDICACIONES

1. Aparato para conformar una carga de material compuesto para dar una parte contorneada, que comprende:

5 un primer troquel y un segundo troquel entre los cuales puede conformarse la carga,
teniendo el primer troquel una pluralidad de porciones de primer troquel que pueden desplazarse de forma
independiente y conformando un contorno de troquel modificable;
una pluralidad de primeros accionadores para desplazar de forma respectiva las porciones de primer troquel; y,
10 un controlador programado para controlar los primeros accionadores para desplazar las porciones de primer
troquel para conformar un contorno deseado.

2. El aparato de la reivindicación 1, donde la carga de material compuesto es una carga sustancialmente plana, y el
segundo troquel incluye una pluralidad de segundas porciones de troquel que pueden desplazarse de forma
independiente, comprendiendo además el aparato:

15 una pluralidad de segundos accionadores acoplados con el controlador para desplazar de forma respectiva las
segundas porciones de troquel que pueden desplazarse de forma independiente para conformar la carga
contra el primer troquel; y
un programa usado por el controlador para calcular una secuencia para accionar los segundos accionadores
20 que sustancialmente mantiene la carga en tensión a medida que se está conformando la carga.

3. El aparato de la reivindicación 2, que además comprende:

25 una pluralidad de primeros yunques contra los cuales pueden reaccionar las porciones de primer troquel; y,
una pluralidad de segundos yunques contra los cuales pueden reaccionar las porciones de segundo troquel.

4. El aparato de la reivindicación 3, que además comprende:

30 un bastidor; y,
unos medios sobre el bastidor para montar las pluralidades de yunques primeros y segundos para el
desplazamiento una hacia y lejos de otra.

5. El aparato de la reivindicación 2, que además comprende:

35 una bandeja flexible sobre la cual están montadas las porciones de primer troquel; y
una placa de soporte flexible sobre la cual están montadas las porciones de segundo troquel.

6. El aparato de la reivindicación 1, que además comprende:

40 un soporte portátil que tiene el primer troquel montado sobre el mismo;
un bastidor que tiene el segundo troquel montado sobre el mismo; y,
un acoplamiento liberable para acoplar de forma liberable el soporte portátil con el segundo bastidor durante la
conformación de la carga, siendo el acoplamiento liberable para permitir que el soporte portátil se separe del
45 bastidor.

7. El aparato de la reivindicación 1, que además comprende:

50 unos medios para montar las porciones de primer troquel para una libertad de movimiento en múltiples
direcciones.

8. El aparato de la reivindicación 7, donde:

55 los medios de montaje incluyen una bandeja flexible, y las porciones de primer troquel están montadas sobre la
bandeja flexible.

9. Un método de conformación de una parte de material compuesto contorneada, que comprende:

60 colocar una carga de material compuesto entre los dados primero y segundo que pueden desplazarse de forma
independiente;
usar los troqueles primero y segundo para conformar una porción de la carga para dar el contorno más
inclinado de la parte; y,
usar los troqueles primero y segundo para conformar las porciones restantes de la carga para dar otros
contornos de la parte, incluyendo mantener la tensión sobre la carga a medida que se conforman las porciones
65 restantes de la carga.

10. El método de la reivindicación 9, donde mantener la tensión sobre la carga se realiza mediante la conformación secuencial de las porciones restantes de la carga para dar otros contornos que son progresivamente menos inclinados que el contorno más inclinado.
- 5 11. El método de la reivindicación 9, donde usar los troqueles primero y segundo para conformar una porción de la carga para dar el contorno más inclinado de la parte comprende:
- 10 ajustar el contorno del primer troquel para que coincida sustancialmente con el contorno de la parte de material compuesto, y cerrar las porciones del segundo troquel contra las porciones del primer troquel en el área del contorno más inclinado.
12. El método de la reivindicación 9, donde usar los troqueles primero y segundo para conformar las porciones restantes de la carga para dar otros contornos de la parte incluye conformar la carga hacia arriba a partir del
- 15 contorno más inclinado.
13. El método de la reivindicación 9, donde usar los troqueles primero y segundo para conformar las porciones restantes de la carga para dar otros contornos de la parte incluye conformar la carga hacia abajo a partir del
- 20 contorno más inclinado.
14. El método de la reivindicación 9, donde usar los troqueles primero y segundo para conformar una porción de la carga para dar el contorno más inclinado de la parte incluye desplazar solo una porción del primer troquel hasta su acoplamiento con la carga.

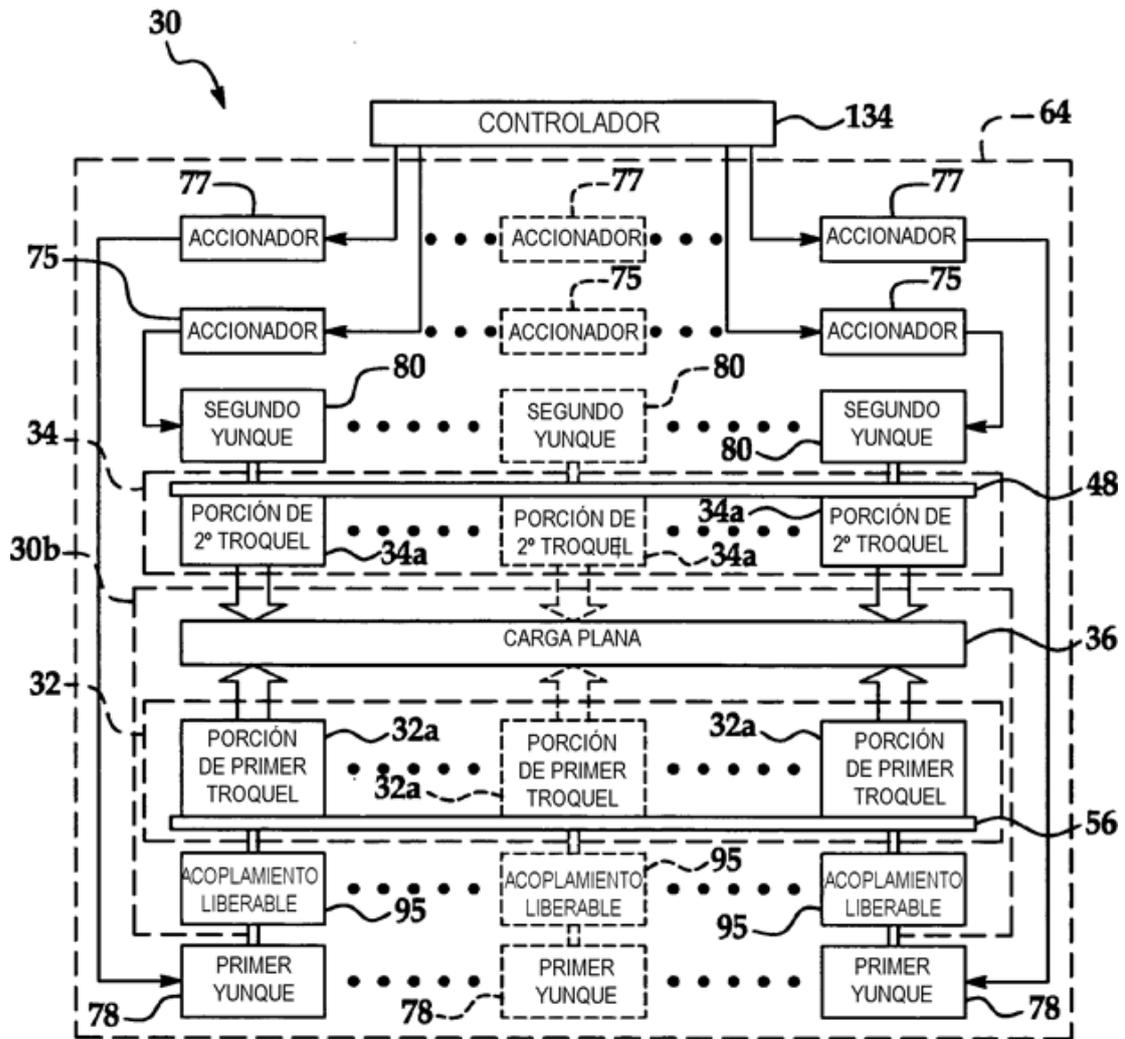


FIG. 1

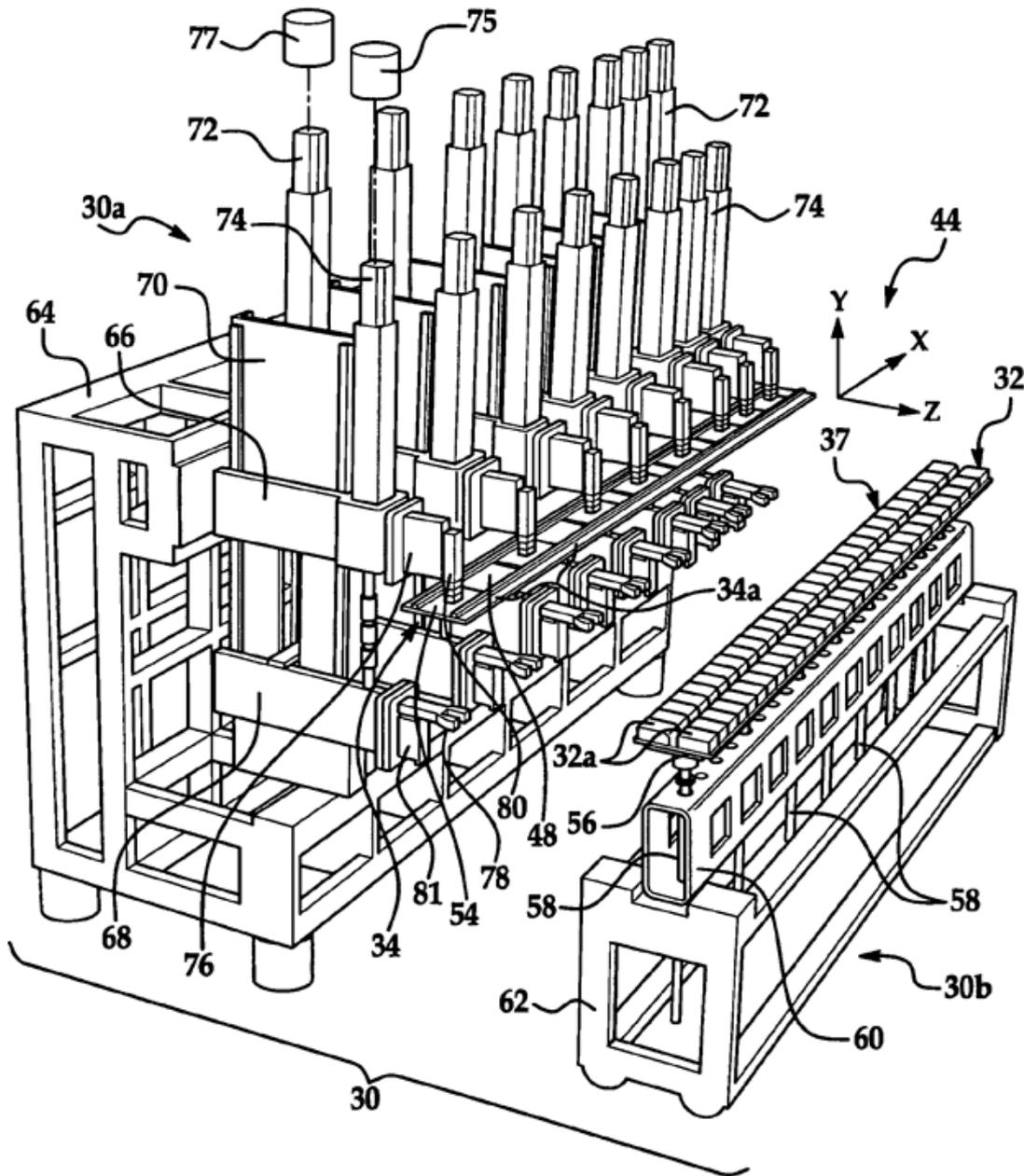


FIG. 2

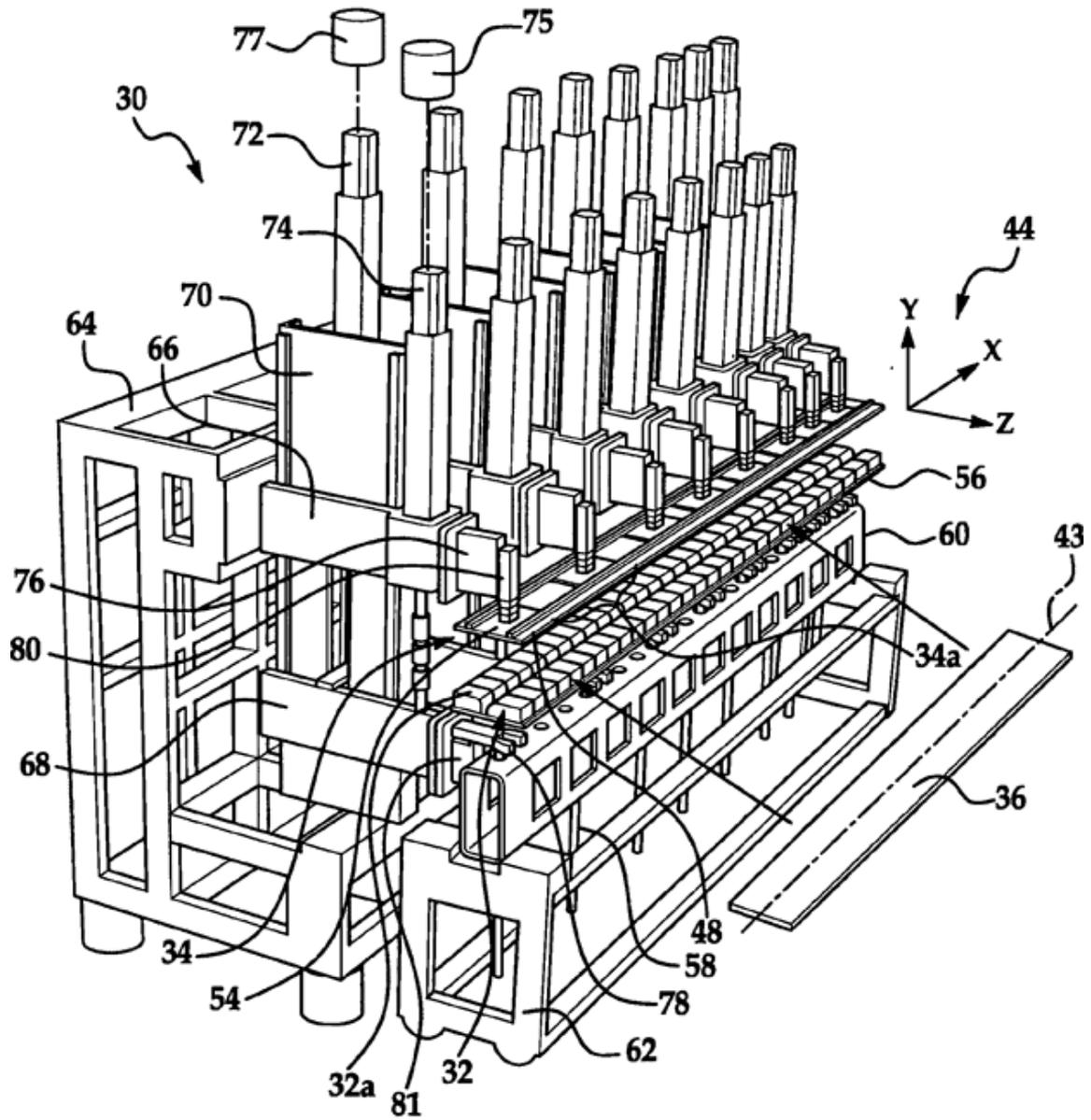


FIG. 3

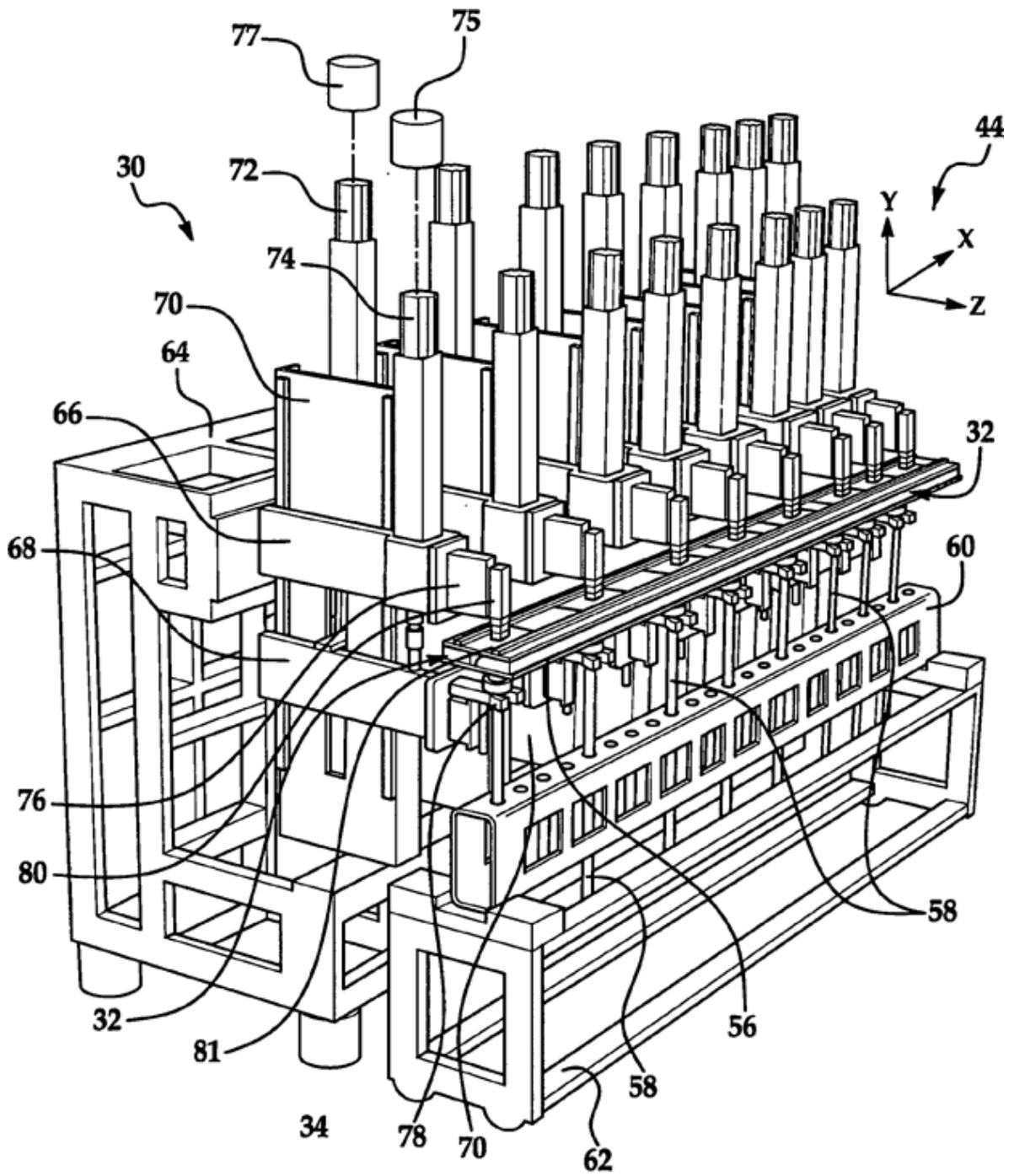


FIG. 4

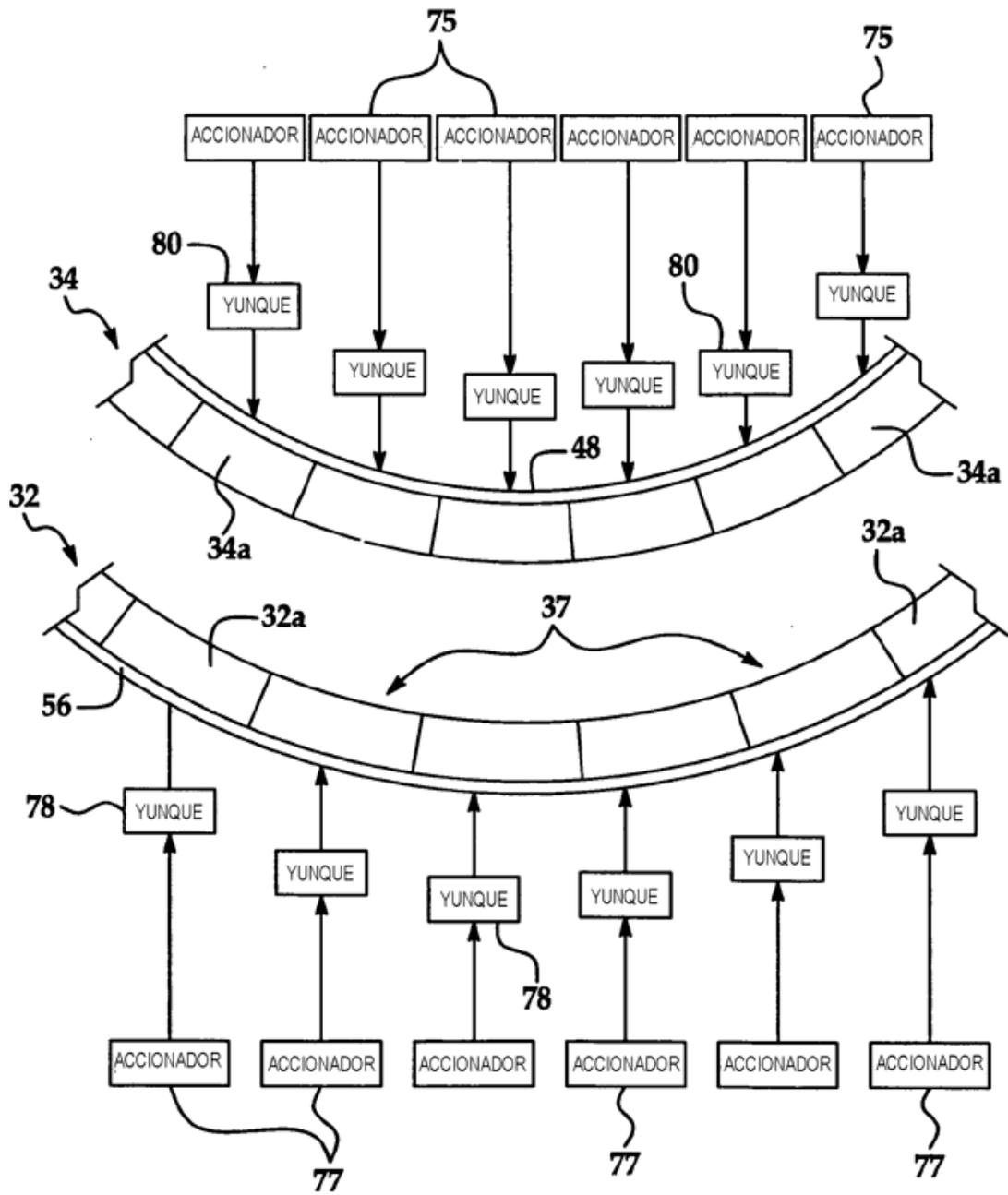


FIG. 5

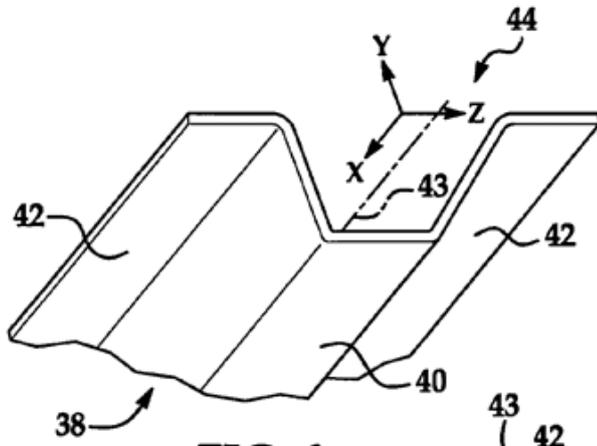


FIG. 6

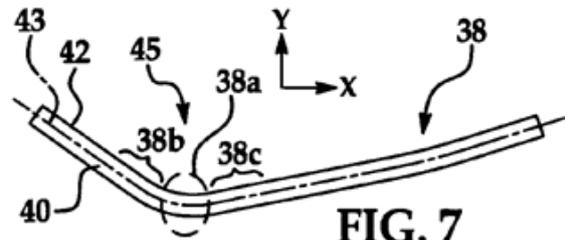


FIG. 7

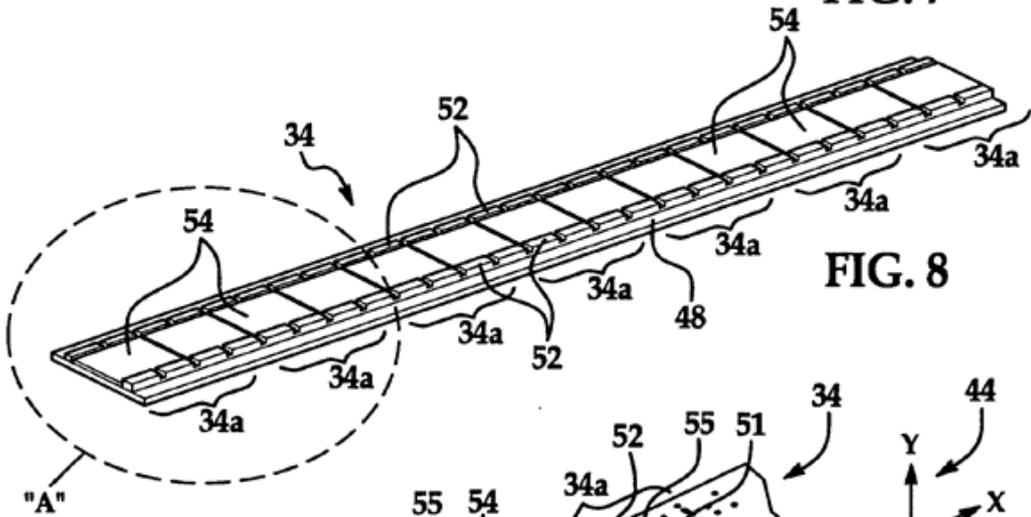


FIG. 8

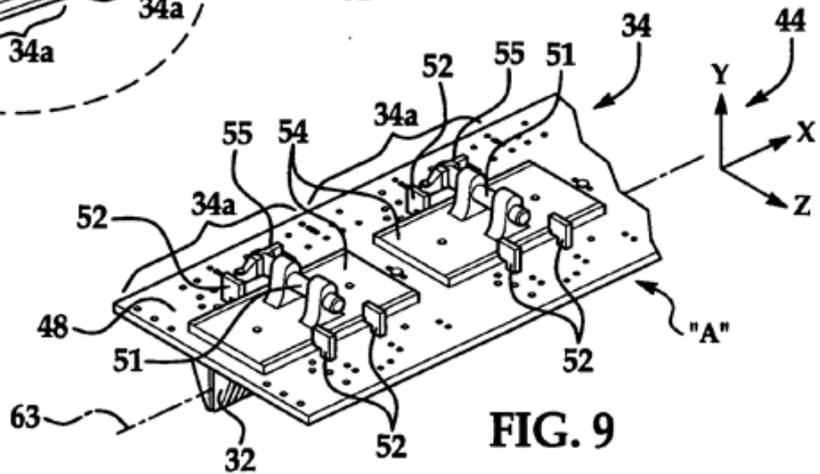


FIG. 9

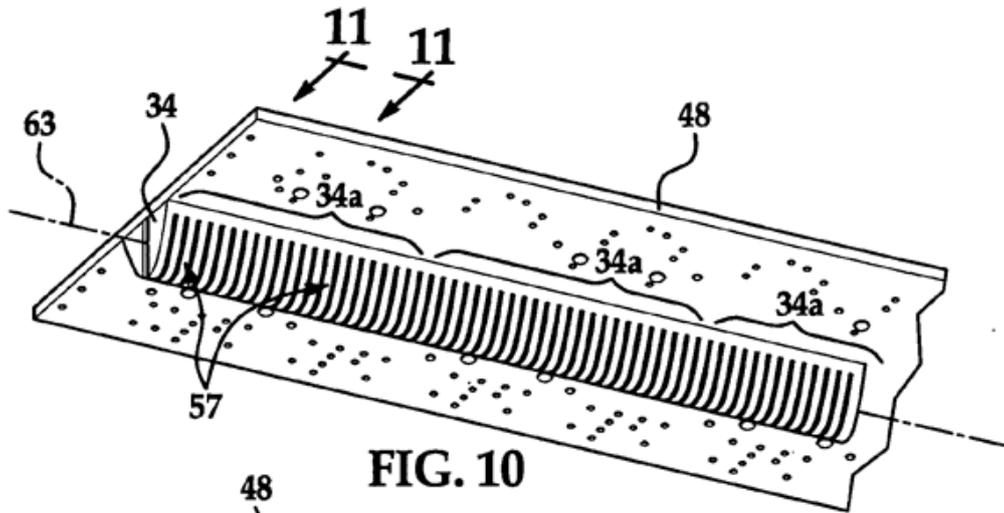


FIG. 10

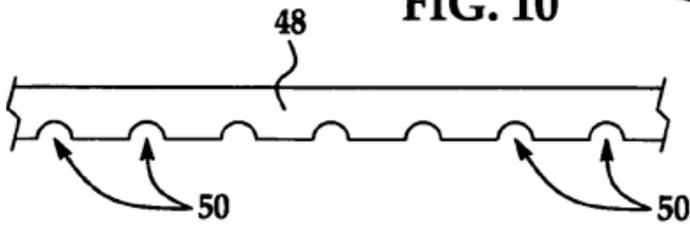


FIG. 11

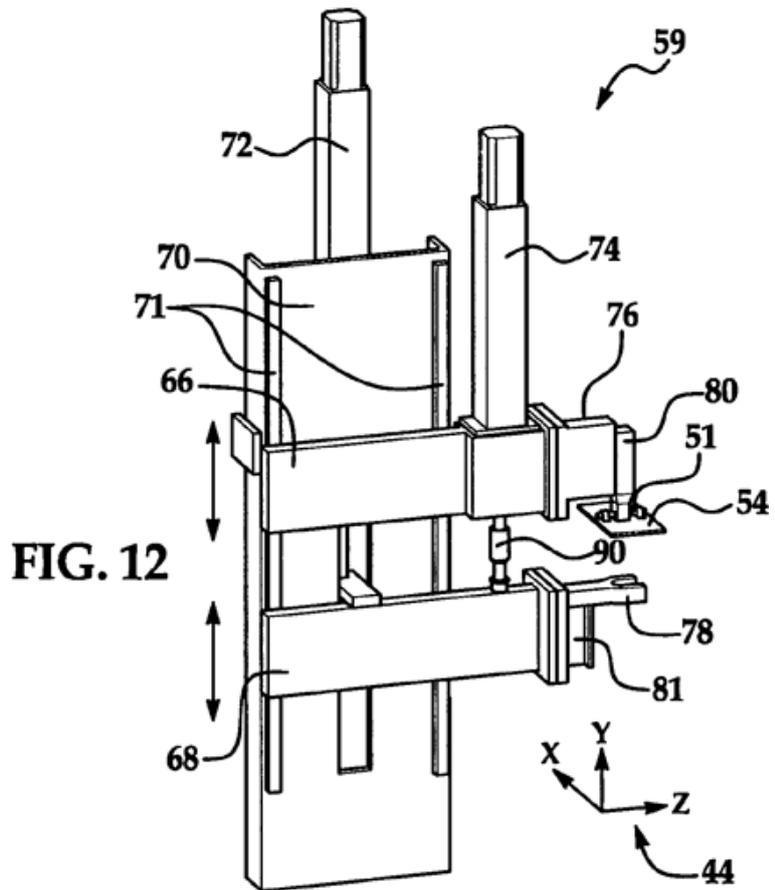


FIG. 12

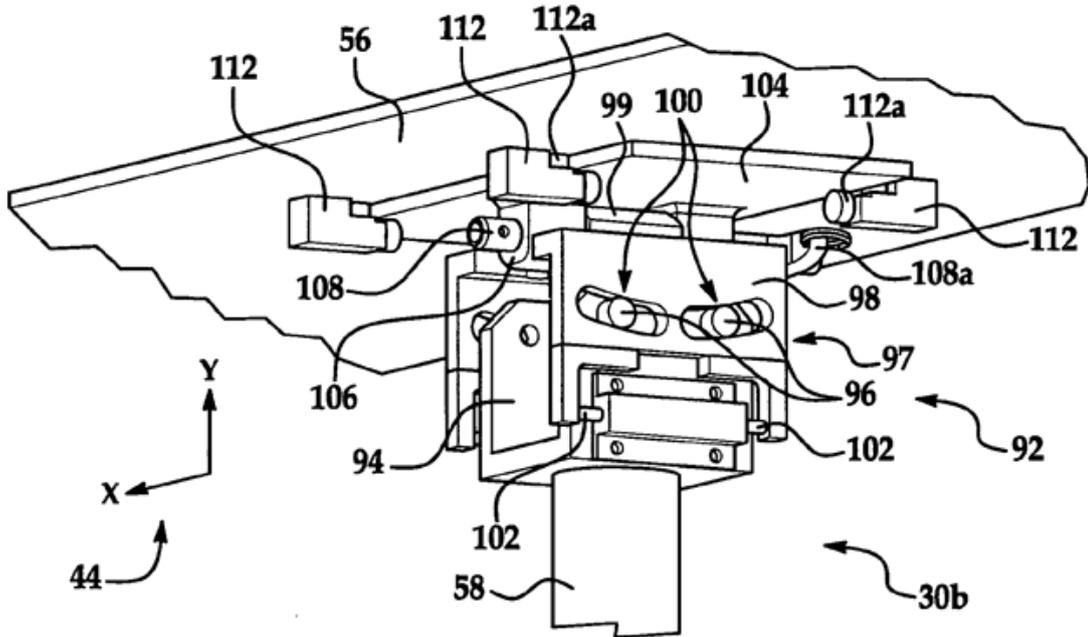


FIG. 13

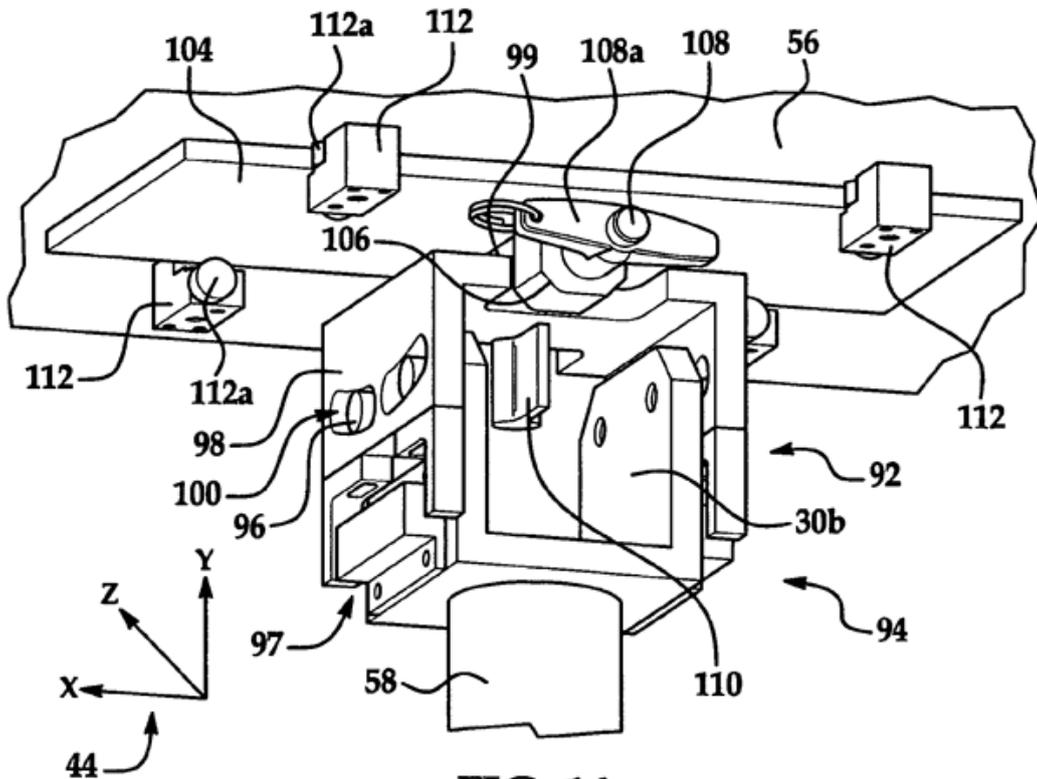
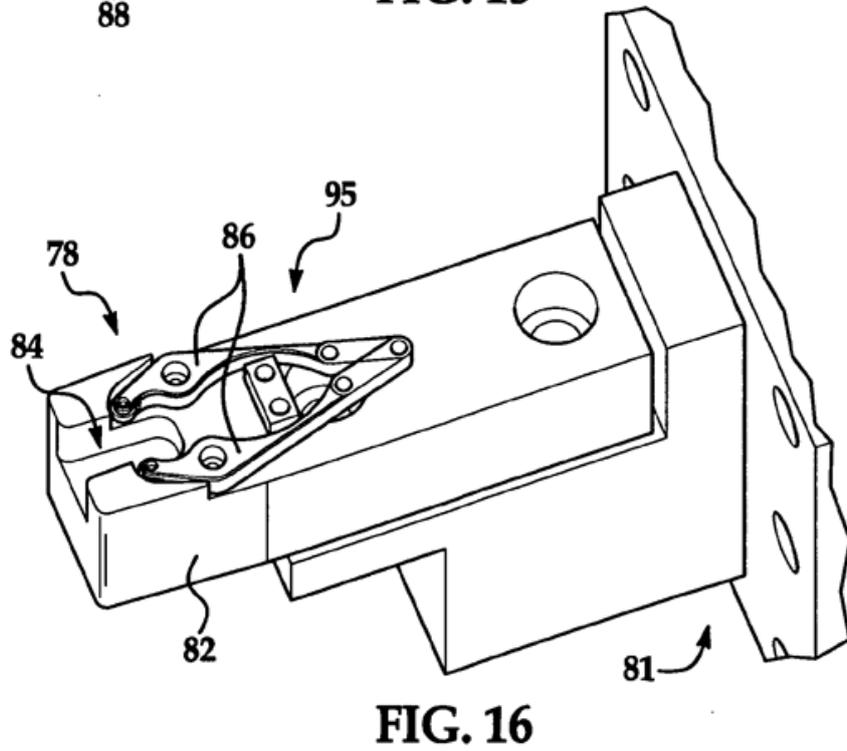
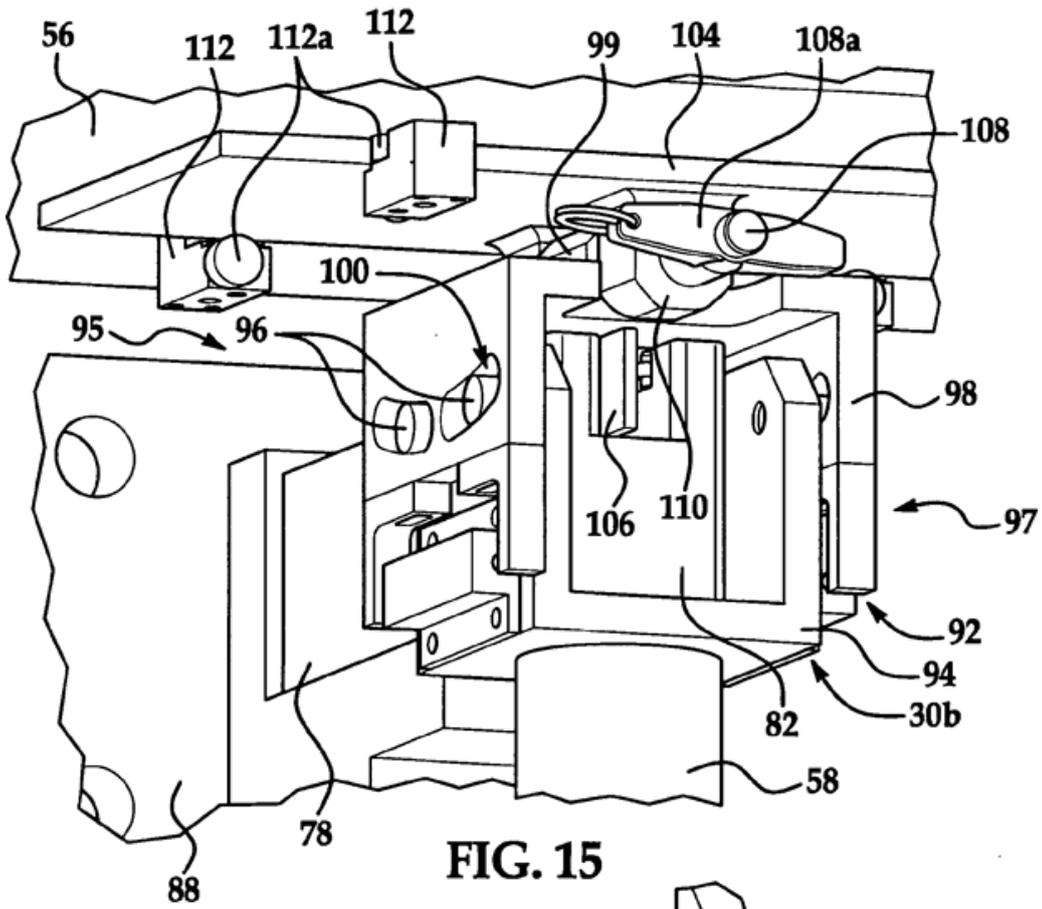


FIG. 14



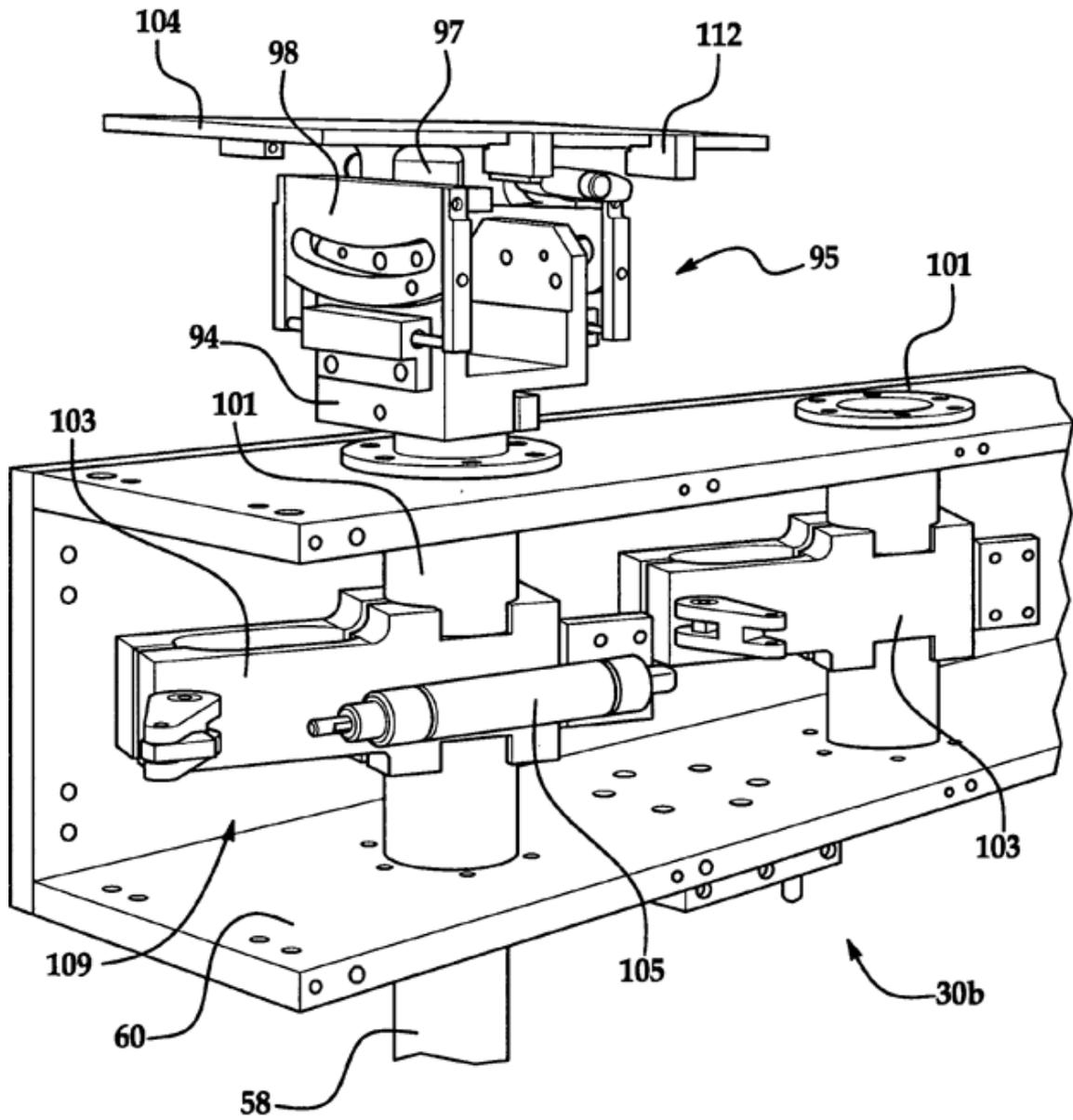


FIG. 17



FIG. 18

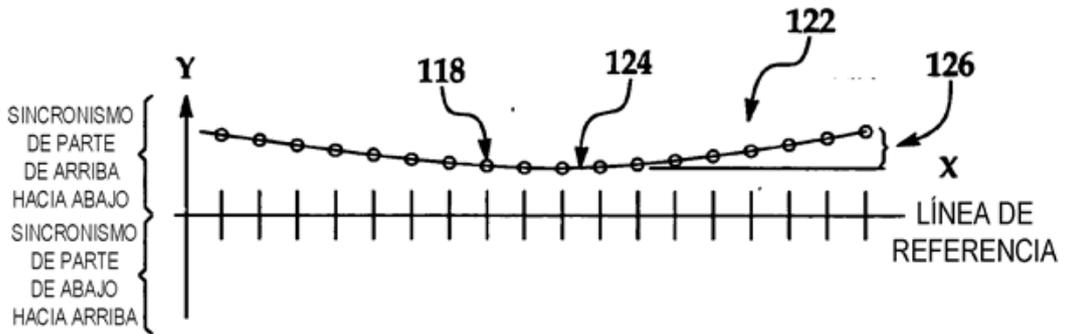


FIG. 19

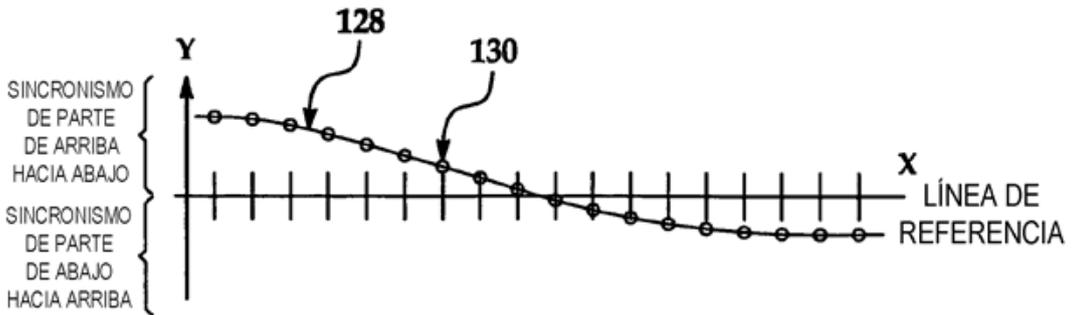


FIG. 20

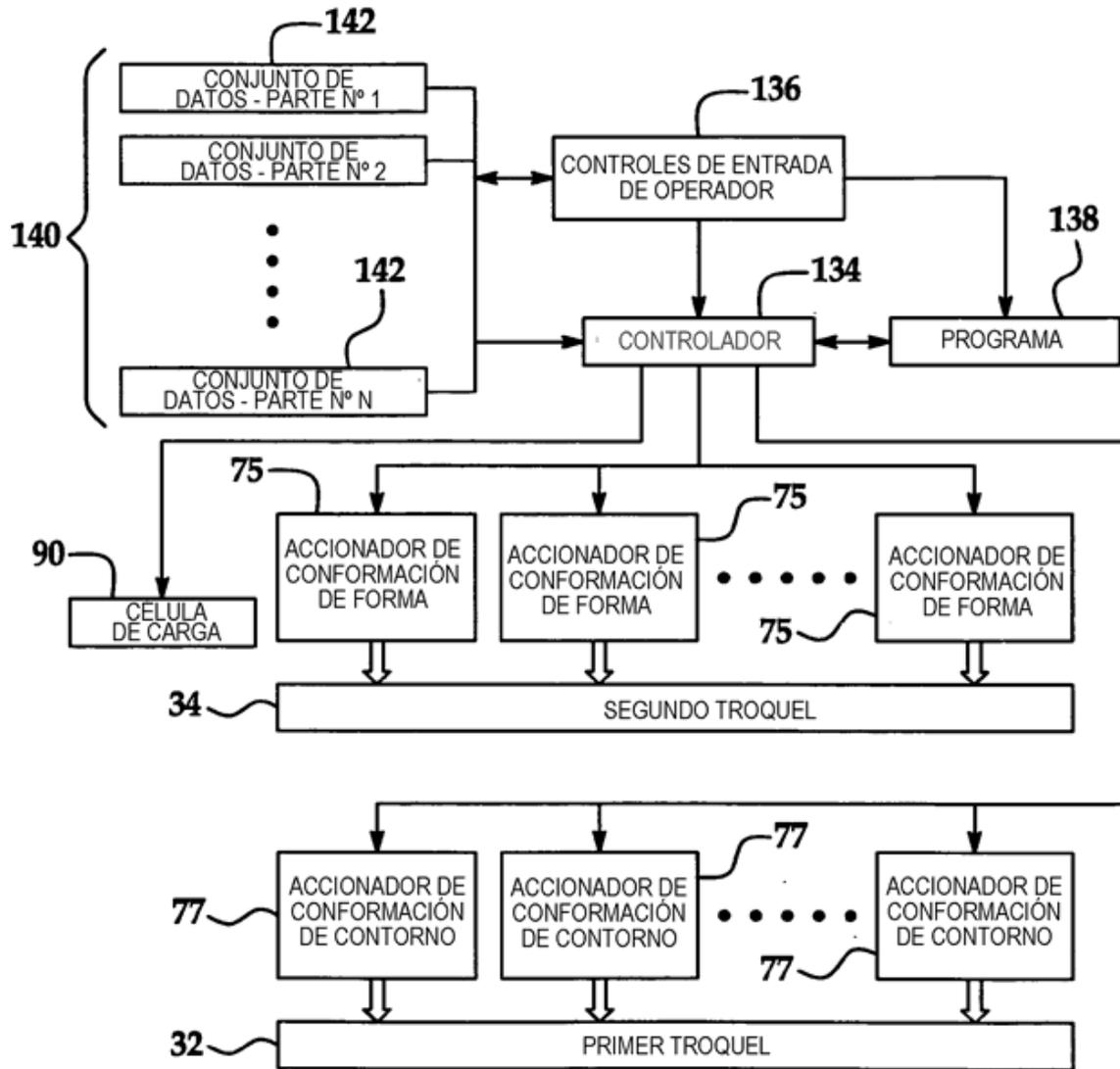
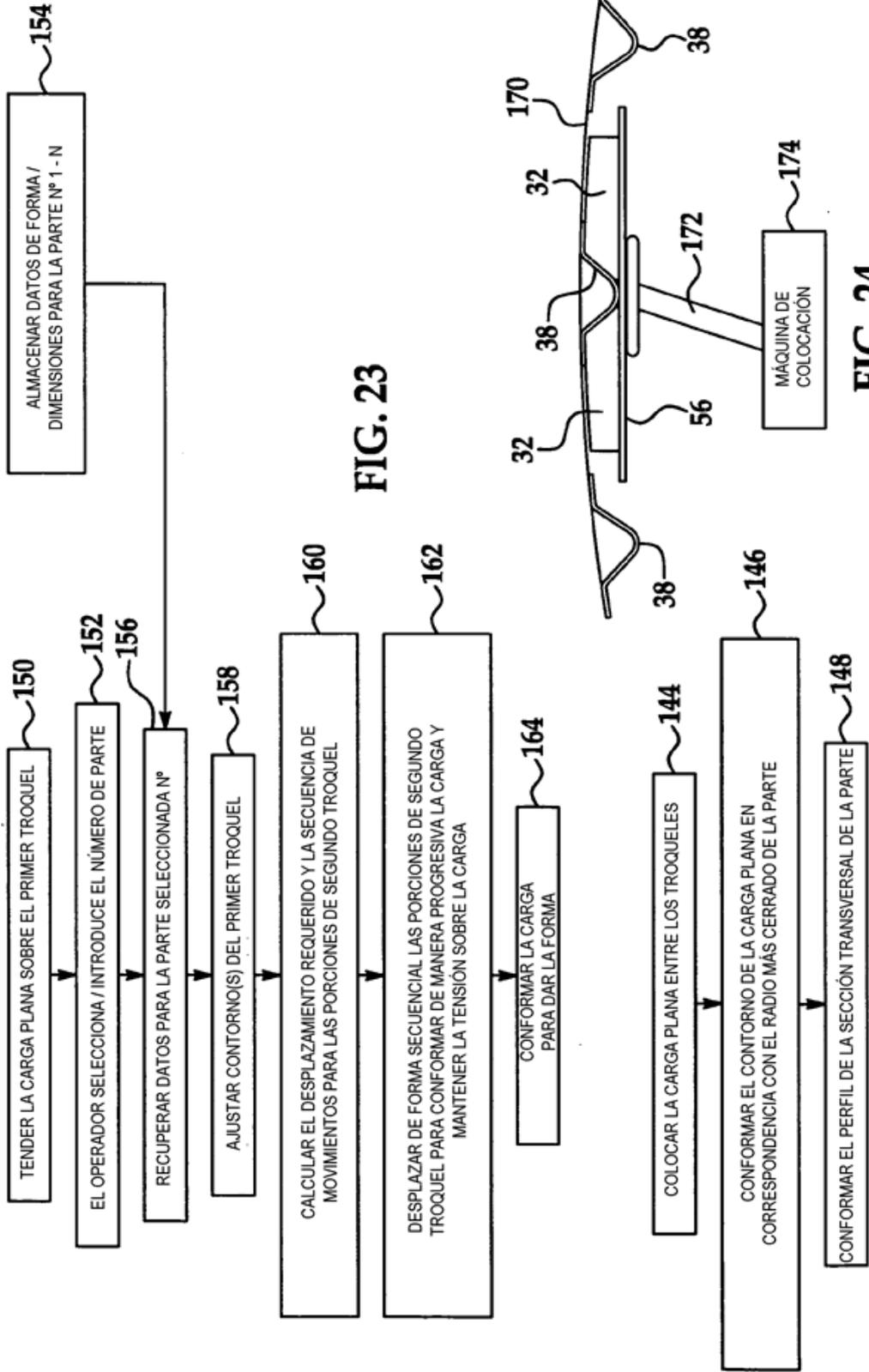


FIG. 21



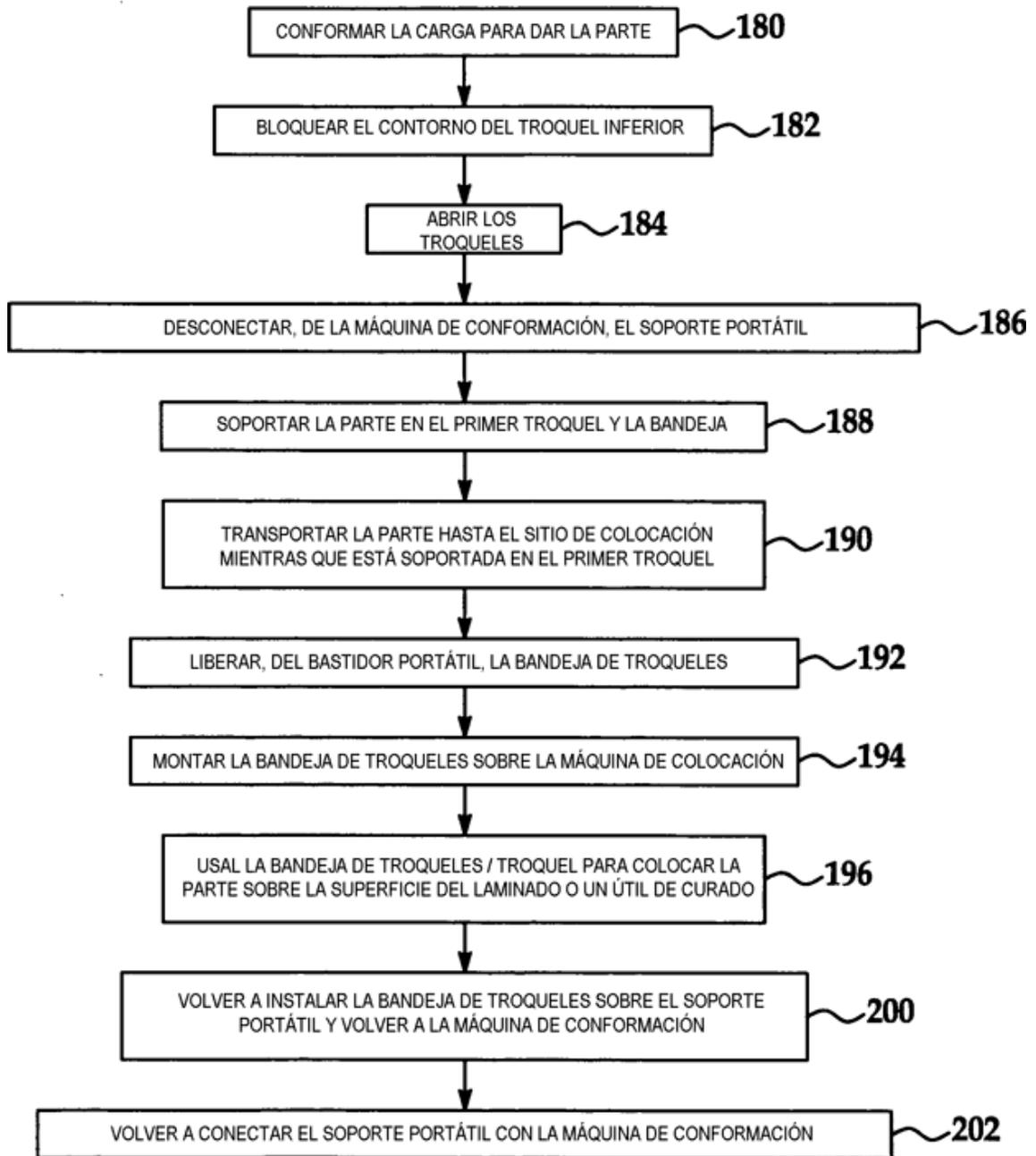


FIG. 25

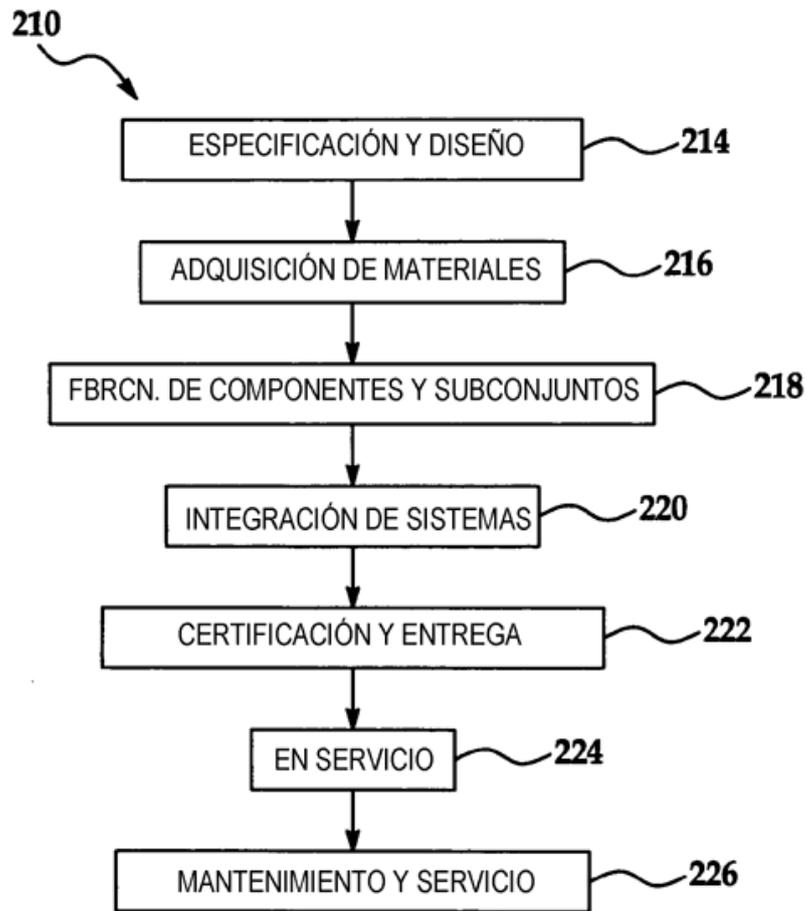


FIG. 26

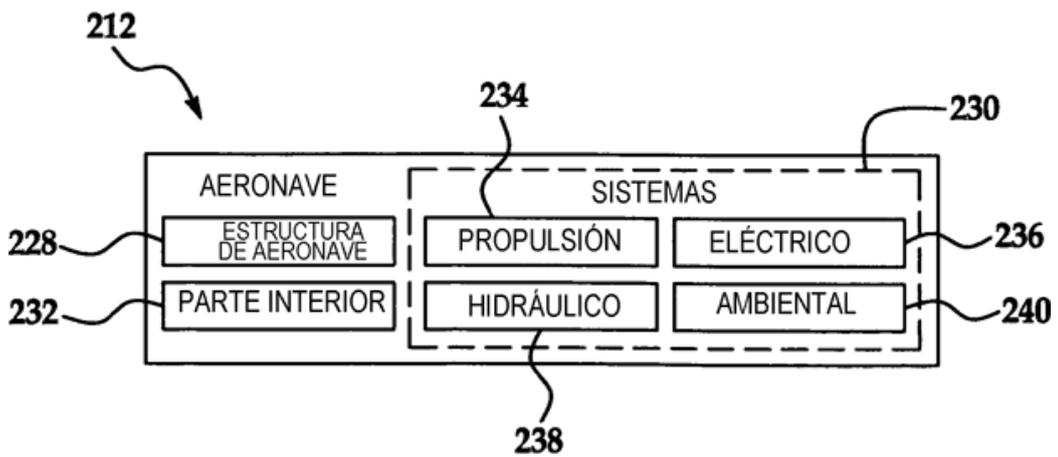


FIG. 27