

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 617 322**

51 Int. Cl.:

B29C 70/38 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **03.07.2012 PCT/US2012/045369**

87 Fecha y número de publicación internacional: **07.02.2013 WO2013019356**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **03.07.2012 E 12737662 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **23.11.2016 EP 2739459**

54 Título: **Método y aparato para laminar materiales compuestos**

30 Prioridad:

04.08.2011 US 201113198418

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

16.06.2017

73 Titular/es:

**THE BOEING COMPANY (100.0%)
100 North Riverside Plaza
Chicago, IL 60606-1596, US**

72 Inventor/es:

**HAGMAN, THOMAS J.;
BRANCH, GREGORY L.;
DWYER, JAMES P.;
HOOD, BRIAN E.;
LUND, ERIK;
MORRIS, WADE M.;
SCHWEDHELM, JONATHAN R. y
STONE, THOMAS C.**

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 617 322 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 laminar materiales compuestos

Información de antecedente

1. Campo

5 La presente divulgación se relaciona de manera general con la fabricación de estructuras de material compuesto, y trata más particularmente con un método y aparato para acumular estructuras utilizando laminación automatizada de chapa.

2. Antecedentes

10 Las estructuras de material compuesto tal como aquellas utilizadas en las industrias automotrices, marina y aeroespacial se pueden fabricar utilizando máquinas automatizadas de aplicación de material compuesto, comúnmente denominadas como máquinas de colocación de fibra automatizada (AFP) y máquinas de acumulación de cinta de material compuesto (CTLM). Estas máquinas se pueden utilizar en aplicaciones aeroespaciales, por ejemplo, para fabricar estructuras a gran escala al colocar una pluralidad de tiras de cinta en un contacto continuo, borde con borde formando un ancho de banda de conformación ancha único que es compactado sobre una herramienta.

15 Las máquinas descritas anteriormente emplean cabezas de colocación de fibra que tienen un grado relativamente alto de flexibilidad operacional, incluyendo la capacidad de agregar, entregar o cortar cualquiera o todas las tiras de cinta contiguas independientemente de las otras, sin embargo, estas máquinas pueden ser no bien adecuadas para acumular estructuras estrechas relativamente largas, tales como viguetas y largueros, que requieren cursos largos de cinta que tienen una orientación de fibra de cero grados, y muchos cursos cortos de cinta de orientación de fibra con grado no cero. Por ejemplo, y sin limitación, las máquinas automatizadas mencionadas anteriormente pueden tener dificultad acumulando los cursos de cinta larga de grado cero que no están sujetos a arrugamiento durante la formación, y pueden no ser eficientes en fijar los cursos de cinta relativamente corta no cero que requieran movimientos de máquina de arranque-parada muy rápidos.

20 El documento EP 0 250 673 A1 describe una máquina para poner cinta compuesta con un miembro de aparato de presión pivotante. La cabeza que pone la cinta de la máquina que pone la cinta compuesta es rotable alrededor de la superficie fijadora de la cinta sobre guías circulares. El montaje de zapata del aparato de presión es de manera similar rotable alrededor de un punto de radio común por medio de las caras de leva circulares soportadas por un buje sobre los seguidores de la leva soportados por el montaje del aparato de presión de la cabeza de cinta. Un transductor de retroalimentación señala la rotación del miembro del aparato de presión de cinta mientras se adapta a los cambios de contorno, y la señal se emplea para efectuar la rotación y el realineamiento de la cabeza de cinta completa con la zapata del aparato de presión. El mecanismo adicionalmente muestra una realización de un montaje de freno que es selectivamente energizado para evitar la rotación de la zapata del aparato de presión en momentos predeterminados.

25 El documento US 2009/ 0263618 A1 se refiere a un método para producir estructuras de material compuesto contorneadas y las respectivas estructuras, producidas de esta manera. La estructura de material compuesto contorneada se fabrica al acumular una carga de material compuesto que incluye al menos una chapa formada por segmentos de chapa "pre-preg" de fibra unidireccional que tienen ancho sustancialmente constante. Los segmentos de chapa son colocados en una relación de traslapeo lado a lado con sus líneas centrales longitudinales alineadas en orientación polar con relación al contorno de la estructura. La carga se forma en la forma de la estructura y se cura.

30 De acuerdo con esto, subsiste la necesidad de un método y aparato para laminación automatizada de cinta compuesta que sea bien adecuada para acumular partes estrechas relativamente largas que reduzcan o eliminen el arrugamiento de la chapa, reduzcan el desperdicio de material e incrementen la tasa de fijación de los cursos de cinta orientados no cero.

45 Resumen

Las realizaciones divulgadas suministran un método y aparato para laminar estructuras laminadas estrechas relativamente largas, tales como largueros y viguetas que comprenden múltiples chapas de orientaciones de fibra diferente formadas de cinta de material compuesto unidireccional. Las realizaciones utilizan cinta de ancho estrecho y son capaces de maquinar mejor las dimensiones a lo ancho de las partes estrechas largas para reducir el desperdicio. Los cursos de cinta con grado cero relativamente largos se pueden laminar con medidas de reducción mejorada de arruga y los cursos de cinta no cero pueden ser eficientemente puestos y cortados de manera que reduzcan el desperdicio de material mientras se incrementa la tasa de laminación. El aparato destaca los cortadores de cinta del tipo guillotina rápida que pueden ser rotados a diferentes ángulos de corte para hacer cortes que eliminen el desperdicio. Los cursos de cinta muy cortos pueden ser rápidamente laminados. Los cortadores de guillotina destacan un accionador de bobina móvil especialmente diseñado para lograr un movimiento rápido de la cortadora. La hoja de la cortadora pivota a lo largo con el movimiento de la cinta para reducir picos indeseables en la

tensión de la cinta. Las cabezas de laminación comprenden múltiples módulos de control de cinta que son lateralmente ajustables con el fin de ajustar los espacios entre las tiras de cinta adjuntas. Los módulos de control de cinta utilizados para laminar los cursos de cero grados permiten cortes entre los segmentos de cinta sin espacios significativos con el fin de formar cursos de cinta discontinuos que puedan reducir el arrugado de la chapa. Las cabezas de laminación pueden ser ubicadas de manera precisa con relación la una a la otra de tal manera que el espacio entre las tiras de cinta pueda variar si se desea.

De acuerdo con una realización divulgada, se suministra un aparato para laminar cinta compuesta sobre un sustrato que comprende un laminador movable con relación al sustrato a lo largo de un primer eje. El laminador incluye primeros y segundos soportes separados y una viga que se extiende a través del sustrato a lo largo de un segundo eje. Las conexiones de pivote entre la viga y cada uno de los soportes permite un cambio en la orientación angular relativa a la viga relativa al primer eje. El aparato además comprende al menos una cabeza laminadora de cintas sobre la viga para laminar cinta compuesta sobre el sustrato. El laminador puede incluir una pluralidad de las vigas y una cabeza laminadora de cinta sobre cada una de las vigas. El aparato además comprende una pluralidad de conexiones de pivote entre cada una de las vigas y los soportes para permitir un cambio en la orientación angular de cada una de las vigas relativas al primer eje. Los soportes son movibles independientemente el uno del otro en una dirección sustancialmente paralela a la del primer eje. Una conexión deslizante entre la viga y uno de los soportes le permite a la viga deslizarse con relación al soporte cuando la orientación angular de la viga ha cambiado. La cabeza de laminación de la cinta incluye una pluralidad de carros montados para movimiento sustancialmente paralelo a lo largo de la viga, y el módulo de control de cinta sobre cada uno de los carros para fijar una tira de cinta compuesta sobre el sustrato

De acuerdo con otra realización, se suministra un método de laminar cinta compuesta sobre el sustrato. El método comprende mover relativamente un laminador y un sustrato a lo largo de un eje, y mover un módulo de control de cinta a lo largo de una viga sobre el caballete en la medida en que la laminadora y el sustrato se mueven en relación la una con el otro. El método además comprende utilizar un modo de control de cinta para laminar al menos una tira de cinta compuesta sobre el sustrato, y cambiar la orientación angular de la viga con relación al eje al mover relativamente dos soportes respectivamente sobre los extremos de la viga de tal manera que la viga es pivotada. Cambiar la orientación angular de la viga se efectúa al pivotar la viga.

De acuerdo con otra realización, la cabeza laminadora de cinta de material compuesto comprende un suministro de cinta de material compuesto y un rodillo de compactación adaptado para compactar las cintas sobre el sustrato. La cabeza incluye además un montaje alimentador de cinta para alimentar cinta desde el suministro de cinta al rodillo de compactación y un montaje de cortadora que incluye una hoja cortadora alternativa para cortar la cinta alimentada al rodillo de compactación. El montaje de la cortadora incluye un montaje de rotor para rotar la hoja de la cortadora a cualquiera de una pluralidad de ángulos de corte. El montaje del rotor incluye una carcasa y un cilindro rotablemente montado sobre la carcasa, y el montaje de cortadora incluye un pistón acoplado a la hoja de cortadora y montado alternativamente con el cilindro.

De acuerdo con otra realización, se suministra un método para laminar cinta compuesta sobre un sustrato que comprende mover una cabeza laminadora de cinta a través del sustrato en un ángulo oblicuo a un borde del sustrato. El método comprende además cortar longitudes de cinta compuesta en la medida en que la cabeza laminadora se mueve sobre el sustrato, incluyendo cortar la cinta sustancialmente paralela al borde del sustrato, y compactar la cinta sobre el sustrato.

De acuerdo con otra realización, la cabeza laminadora de cinta compuesta comprende un suministro de cinta compuesta, un rodillo de compactación adaptado para compactar la cinta sobre un sustrato, y un montaje alimentador de cinta para alimentar la cinta desde el suministro de cinta al rodillo de compactación. La cabeza laminadora comprende además un montaje de corte de cinta para cortar la cinta, incluyendo una hoja de corte movable a lo largo de la cinta en la medida en que la cinta está siendo cortada. El montaje cortador de cinta incluye muñones para montar pivotantemente la hoja sobre la cabeza. La hoja es pivotable a lo largo de un arco durante el corte, y el montaje cortador de cinta incluye un yunque contra el cual la hoja corta la cinta, en donde el yunque es pivotable a lo largo del arco con la hoja.

De acuerdo aún a otra realización, se suministra un método para laminar cinta compuesta sobre el sustrato que comprende mover una cabeza laminadora de cinta a través del sustrato y alimentar la cinta compuesta a un rodillo de compactación sobre la cabeza de laminación. El método además comprende utilizar una hoja de corte para cortar longitudes de la cinta compuesta en la medida en que la cabeza laminadora se mueve sobre el sustrato, incluyendo mover la hoja a lo largo de la cinta en la medida en que la hoja está cortando la cinta. El método también comprende compactar la cinta sobre el sustrato. Mover la hoja junto con la cinta incluye mover la hoja y la cinta a lo largo de un arco sustancialmente a la misma velocidad.

De acuerdo con una realización adicional, una cabeza laminadora de cinta de material compuesto comprende un suministro de cinta de material compuesto y un rodillo de compactación adaptado para compactar las cintas sobre el sustrato. La cabeza además incluye un montaje alimentador de cinta para alimentar la cinta desde un suministro de cinta al rodillo de compactación y un montaje cortador de cinta para cortar la cinta, incluyendo una hoja de corte movable y un yunque movable contra el cual la hoja corta la cinta. La cabeza laminadora comprende además un

sistema de impulsión para mover la cinta y el yunque en sincronía el uno con el otro. La hoja y el yunque son cada uno rotables, y el sistema de impulsión incluye un par de motores para rotar respectivamente la hoja y el yunque a sustancialmente la misma velocidad rotacional.

5 De acuerdo con una realización adicional, se suministra un método para laminar la cinta de materiales compuestos sobre un sustrato, que comprende mover una cabeza laminadora de cinta sobre el sustrato y alimentar la cinta de material compuesto a un rodillo de compactación sobre la cabeza de laminación. El método comprende además rotar una cinta de corte y un yunque a sustancialmente la misma velocidad rotacional, utilizando la hoja de corte y el yunque para cortar la cinta, y compactar la cinta sobre el sustrato. Rotar la hoja y el yunque incluye utilizar motores separados para rotar la hoja y el yunque y sincronizar la velocidad de los motores. Cortar la cinta incluye alimentar la
10 cinta a una línea de unión entre la hoja rotatoria y el yunque rotatorio.

De acuerdo con una realización adicional, se suministra un aparato para laminar cinta compuesta sobre un sustrato que tiene una longitud y un ancho. El aparato comprende al menos una primera laminadora móvil a lo largo de la longitud del sustrato. La primera laminadora incluye un par de soportes móviles y una viga que se extiende a través del ancho del sustrato y acoplada con cada uno de los soportes. El aparato también comprende una primera cabeza de laminación montada sobre y móvil a lo largo de la viga para laminar cinta compuesta a través del ancho del sustrato. La primera cabeza de laminación incluye un suministro de la cinta de material compuesto, un rodillo de compactación para compactar la cinta sobre el sustrato, un montaje de alimentación de cinta para alimentar la cinta desde el suministro de cinta al rodillo de compactación y un montaje cortador de cinta para cortar las longitudes de la cinta alimentada al rodillo de compactación. El montaje de corte de cinta incluye una hoja de corte montada para movimiento junto con la cinta rotable a cualquiera de una pluralidad de posiciones de ángulo de corte.
15
20

De acuerdo aún con otra realización, se suministra un método de laminar una cinta de material compuesto sobre un sustrato que tiene un largo y un ancho, que comprende mover una primera laminadora relativamente y el sustrato a lo largo de la longitud del sustrato y utilizar una primera cabeza laminadora de cinta sobre la primera laminadora para laminar la cinta a través del ancho del sustrato. El método además comprende mover relativamente una segunda laminadora y el sustrato a lo largo de la longitud del sustrato, y utilizar una segunda cabeza laminadora de cinta sobre la segunda laminadora para laminar la cinta a lo largo de la longitud del sustrato.
25

En resumen, de acuerdo con un aspecto de la invención se suministra un aparato para laminar cinta de material compuesto sobre un sustrato que incluye una laminadora móvil con relación al sustrato a lo largo de un primer eje, la laminadora incluye primer y segundo soportes separados y una viga que se extiende a través del sustrato a lo largo de un segundo eje; las conexiones de pivote entre la viga y cada uno de los soportes para permitir un cambio en la orientación angular de la viga con relación al primer eje; y al menos una cabeza laminadora de cinta sobre la viga para laminar la cinta de material compuesto sobre el sustrato.
30

De manera ventajosa el aparato en donde la laminadora incluye una pluralidad de vigas y una cabeza laminadora de cinta sobre cada una de las vigas para laminar la cinta de material compuesto sobre el sustrato, y el aparato comprende además: una pluralidad de conexiones de pivote entre cada una de las vigas y los soportes para permitir un cambio en la orientación angular de cada una de las vigas con relación al primer eje
35

De manera ventajosa, el aparato donde los soportes son móviles independientemente el uno del otro en una dirección sustancialmente paralela al primer eje

De manera ventajosa el aparato además incluye una conexión deslizante entre la viga y uno de los soportes para permitirle a la viga deslizarse con relación a un soporte
40

De manera ventajosa el aparato donde la cabeza laminada de cinta incluye una pluralidad de carros montados para movimiento sustancialmente paralelo a lo largo de la viga; al menos un módulo de control de cinta sobre cada uno de los carros para fijar una tira de la cinta de material compuesto sobre el sustrato; y medios para alinear los módulos de control de cinta con relación el uno del otro cuando se cambia la orientación angular de la viga

45 De acuerdo con otro aspecto de la invención se suministra un método de laminar cinta de material compuesto sobre un sustrato, que incluye mover relativamente una laminadora de cinta y el sustrato a lo largo de un eje, mover un módulo de control de cinta a lo largo de una viga sobre la laminadora; utilizar el módulo de control de cinta para laminar al menos una tira de cinta de material compuesto sobre el sustrato; y cambiar la orientación angular de la viga con relación al eje.

50 Ventajosamente, el aparato donde cambiar la orientación angular de la viga con relación al eje incluye deslizar linealmente la viga con relación a uno de los soportes, y el método incluye cambiar el inicio de la posición del módulo de control de cinta con base en el cambio de la orientación angular de la viga

De acuerdo con un aspecto adicional de la presente invención se suministra una cabeza laminadora de cinta de material compuesto, que incluye un suministro de cinta de material compuesto; un rodillo de compactación adaptado para compactar las cintas sobre el sustrato; un montaje de alimentación de cinta para alimentar la cinta desde el suministro de cinta al rodillo de compactación; y un montaje de cortadora que incluye una hoja cortadora alternativa
55

ES 2 617 322 T3

para cortar la alimentación de la cinta al rodillo de compactación, el montaje de cortadora incluye además un montaje de rotadora para rotar la hoja de la cortadora a cualquiera de una pluralidad de ángulos de corte

De manera ventajosa, el aparato donde el montaje de la rotadora incluye una carcasa, un cilindro rotablemente montado sobre la carcasa, y un pistón acoplado con la hoja cortadora y alternante con el cilindro.

- 5 De manera ventajosa, el aparato en donde el montaje de la rotadora incluye un accionador acoplado con el cilindro para rotar el cilindro a cualquiera de una pluralidad de posiciones rotacionales.

De manera ventajosa, el aparato en donde el montaje de cortadora incluye además una válvula adaptada para ser acoplada con una fuente de aire presurizado, y una bobina móvil eléctrica para operar la válvula

- 10 De manera ventajosa, el aparato en donde el montaje de cortadora incluye además un yunque contra el cual la cinta se puede cortar mediante la hoja, el yunque se acopla y es rotable con el cilindro.

- 15 De acuerdo aún con un aspecto adicional de la presente invención se suministra un método de laminar cinta de material compuesto sobre un sustrato, que incluye mover una cabeza laminadora de cinta sobre un sustrato en un ángulo oblicuo a un borde del sustrato; cortar longitudes de la cinta de material compuesto en la medida en que la cabeza laminadora se mueve a través del sustrato, incluyendo cortar la cinta sustancialmente paralela al borde del sustrato; y compactar la cinta sobre el sustrato.

De manera ventajosa, el aparato además incluye alimentar cinta de material compuesto a un rodillo de compactación sobre la cabeza laminadora, y en donde compactar las cintas se efectúa mediante un rodillo de compactación sobre la cabeza laminadora.

- 20 De manera ventajosa, el aparato que incluye además cortar longitudes de la cinta incluye; alternar una hoja de corte, y orientar la hoja sustancialmente paralela al borde del sustrato

De manera ventajosa, el aparato que incluye además orientar la hoja incluye rotar la hoja

De manera ventajosa, el aparato que incluye además cortar longitudes de la cinta incluye utilizar la hoja para cortar la cinta contra un yunque, y orientar el yunque a una posición con base a la orientación de la hoja

- 25 De acuerdo a un aspecto adicional de la presente invención se suministra una cabeza laminadora de cinta de material compuesto, que incluye un suministro de cinta de material compuesto; un rodillo de compactación adaptado para compactar la cinta sobre un sustrato; un montaje alimentador de cinta para alimentar cinta desde el suministro de cinta al rodillo de compactación; y un montaje cortador de cinta para cortar la cinta, que incluye una hoja de corte móvil junto con la cinta en la medida en que la cinta es cortada

- 30 De manera ventajosa, el aparato en donde el montaje cortador de cinta incluye muñones para montar pivotantemente la hoja sobre la cabeza

De manera ventajosa, el aparato en donde la hoja es pivotable a lo largo de un arco durante un corte, y el montaje cortador de cinta incluye un yunque contra el cual la hoja corta la cinta, en donde el yunque es pivotable a lo largo del arco con la hoja

- 35 De manera ventajosa, el aparato incluye además un marco y en donde el montaje cortador de cinta está pivotablemente montado sobre el marco

De manera ventajosa, el aparato en donde el montaje cortador de cinta es rotable a cualquiera de una pluralidad de ángulos de corte sobre la cabeza

- 40 De acuerdo con otro aspecto de la presente invención se suministra un método de laminar la cinta de material compuesto sobre un sustrato, que incluye mover la cabeza laminadora de cinta sobre el sustrato; alimentar la cinta de material compuesto a un rodillo de compactación sobre la cabeza de laminación; utilizar una hoja de corte para cortar longitudes de la cinta de material compuesto en la medida en que la cabeza laminadora se mueve sobre el sustrato, incluyendo mover la hoja junto con la cinta en la medida en que la hoja está cortando la cinta; y compactar la cinta sobre el sustrato

- 45 De manera ventajosa el aparato en donde mover la hoja junto con la cinta incluye mover la hoja y la cinta a lo largo de un arco

De manera ventajosa el aparato donde la hoja se mueve a lo largo del arco a sustancialmente la misma velocidad de la cinta.

De manera ventajosa el aparato en donde utilizar una hoja de corte para cortar longitudes de la cinta incluye cortar la cinta contra un yunque, y mover el yunque junto con la hoja

De manera ventajosa el aparato en donde mover la hoja junto con la cinta incluye pivotar la hoja en la medida en que la cinta está siendo alimentada al rodillo de compactación

5 De acuerdo aún con otro aspecto de la presente invención se suministra una cabeza laminadora de cinta de material compuesto, que incluye un suministro de una cinta de material compuesto; un rodillo de compactación adaptado para compactar las cintas sobre el sustrato; un montaje alimentador de cinta para alimentar cinta desde el suministro de cinta al rodillo de compactación; un montaje cortador de cinta para cortar la cinta, que incluye una hoja de corte móvil y un yunque móvil contra el cual la hoja corta la cinta; y un sistema de impulsión para mover la hoja y el yunque en sincronía el uno con el otro

De manera ventajosa el aparato en donde la hoja y el yunque son cada uno rotables

10 De manera ventajosa el aparato donde el sistema de impulsión incluye un par de motores para rotar respectivamente la hoja y el yunque

De manera ventajosa el aparato en donde los motores están sincronizados para rotar respectivamente la hoja y el yunque a sustancialmente las mismas velocidades rotacionales.

15 De manera ventajosa el aparato en donde el montaje cortador de cinta incluye una carcasa; y primeros y segundos rotores soportados por un buje para rotación sobre la carcasa y tener respectivamente la hoja y el yunque asegurados a éste para rotación con éste

20 De acuerdo a otro aspecto de la presente invención se suministra un método de laminar cinta de material compuesto sobre un sustrato, que incluye mover una cabeza laminadora de cinta sobre el sustrato; alimentar la cinta de material compuesto a un rodillo de compactación sobre la cabeza de laminación; rotar una hoja de corte y un yunque a sustancialmente la misma velocidad rotacional; utilizar la hoja de corte y el yunque para cortar la cinta; y compactar la cinta sobre el sustrato

De manera ventajosa el aparato en donde rotar la hoja y el yunque incluye utilizar motores separados para rotar la hoja y el yunque; y sincronizar la velocidad de los motores

25 De manera ventajosa el aparato en donde cortar la cinta incluye alimentar la cinta a una línea de unión entre la hoja de rotación y el yunque de rotación

De manera ventajosa el aparato en donde cortar y compactar la cinta incluye formar un curso de cinta discontinua sobre el sustrato al cortar y compactar una serie de segmentos de cinta colindantes sustancialmente sin espacio entre los segmentos de cinta

30 De acuerdo con otro aspecto de la presente invención se suministra otro aparato para laminar cinta de material compuesto sobre un sustrato que tiene una longitud y un ancho, que incluye al menos una primera laminadora móvil a lo largo de la longitud del sustrato, la primera laminadora incluye un par de soportes móviles y una viga que se extiende a través del ancho del sustrato y acoplada con cada uno de los soportes; una primera cabeza laminadora montada y móvil a lo largo de la viga para laminar la cinta de material compuesto sobre el sustrato, la primera cabeza laminadora incluye un suministro de cinta de material compuesto, un rodillo de compactación para compactar la cinta sobre el sustrato, un montaje alimentador de cinta para alimentar la cinta desde el suministro de cinta al rodillo de compactación, y un montaje cortador de cinta para cortar longitudes de la cinta alimentada al rodillo de compactación, el montaje cortador de cinta incluye una hoja de corte montada para movimiento a lo largo de la cinta rotable a cualquiera de una pluralidad de posiciones del ángulo de corte.

40 De manera ventajosa el aparato incluye además conexiones pivotantes entre la viga y los soportes que le permiten cambios en la orientación angular de la viga

De manera ventajosa, el aparato en donde la primera cabeza de laminación lamina cinta de material compuesto a través del ancho del sustrato; y los soportes son móviles en relación el uno con el otro a lo largo de la longitud del sustrato

45 De manera ventajosa el aparato en donde el montaje cortador de cinta incluye un yunque móvil a través de un arco a lo largo de la cinta y la hoja durante el corte de la cinta.

50 De manera ventajosa el aparato además incluye una segunda laminadora móvil a lo largo de la longitud del sustrato, la segunda laminadora incluye una viga que se extiende a través del ancho del sustrato; y, una segunda cabeza de laminación montada sobre la viga de la segunda laminadora para laminar la cinta de material compuesto sobre el sustrato a lo largo de la longitud del sustrato, la segunda cabeza de laminación incluye un suministro de cinta de material compuesto, un rodillo de compactación para compactar la cinta sobre el sustrato, un montaje alimentador de cinta de la cinta de alimentación del suministro de cinta al rodillo de compactación, y un montaje cortador de cinta para cortar longitudes de la cinta alimentada al rodillo de compactación.

De manera ventajosa en donde el montaje cortador de cinta sobre la segunda cabeza laminadora incluye rotar la hoja cortadora, y rotar el yunque y un par de motores sincronizados el uno con el otro para rotar respectivamente la hoja y el yunque a sustancialmente la misma velocidad rotacional

5 De acuerdo con otro aspecto de la presente invención se suministra aún otro método de laminar un cúmulo parcial de material compuesto sobre un sustrato que tiene una longitud y un ancho, que incluye mover relativamente la primera laminadora y el sustrato a lo largo de la longitud del sustrato; utilizar una primera cabeza laminadora de cinta sobre la primera laminadora para laminar la cinta a través del ancho del sustrato; mover relativamente una segunda laminadora y el sustrato a lo largo de la longitud del sustrato; y utilizar una segunda cabeza laminadora de cinta sobre la segunda laminadora para laminar cinta a lo largo de la longitud del sustrato

10 De manera ventajosa el aparato en donde utilizar la primera cabeza laminadora de cinta sobre la primera laminadora para laminar la cinta incluye cortar extremos de la cinta sustancialmente paralelos a un borde del sustrato

De manera ventajosa el aparato en donde cortar los extremos de la cinta sustancialmente paralelo a un extremo del sustrato incluye rotar la hoja cortadora a una orientación de la hoja sustancialmente paralela al borde del sustrato

15 De manera ventajosa el aparato en donde utilizar una primera cabeza laminadora de cinta sobre la primera laminadora para laminar la cinta a través del ancho del sustrato incluye utilizar una hoja de corte para cortar las longitudes de la cinta contra un yunque, y mover la hoja y el yunque a lo largo de la cinta en la medida en que la cinta está siendo cortada

20 De manera ventajosa el aparato en donde utilizar la segunda cabeza laminadora de cinta sobre la segunda laminadora para laminar la cinta a lo largo de la longitud del sustrato incluye pasar la cinta en una línea de contacto entre una hoja de corte de rotación y un yunque de rotación; y rotar la hoja y el yunque sustancialmente a la misma velocidad rotacional en la medida en que la cinta está siendo cortada

25 De manera ventajosa, el aparato en donde utilizar la primera cabeza laminadora de cinta para laminar la cinta a través del ancho del sustrato incluye mover la primera cabeza laminadora a lo largo de una viga, y el método además incluye cambiar la dirección a la que la cinta es laminada sobre el sustrato mediante la primera cabeza laminadora al cambiar la orientación angular de la viga

De manera ventajosa el aparato además incluye cortar el cúmulo parcial a una forma de red, utilizando una segunda laminadora para mover una cortadora sobre el cúmulo

Breve descripción de los dibujos

30 Las características novedosas consideradas características de las realizaciones ventajosas se establecen en las reivindicaciones finales. Las realizaciones ventajosas, sin embargo, así como también el modo preferido de uso, los objetivos y ventajas adicionales de los mismos, serán mejor entendidos mediante referencia a la siguiente descripción detallada de una realización ventajosa de la presente divulgación cuando se lee en conjunto con los dibujos que la acompañan, en donde:

35 La Figura 1 es una ilustración de un diagrama de bloque funcional del aparato para laminar materiales de material compuesto;

La Figura 2 es una ilustración de un diagrama de flujo de un método para laminar materiales de material compuesto;

La Figura 3 es una ilustración de una vista de planta de una realización del aparato mostrado en la Figura 1;

La Figura 4 es una ilustración de una vista de planta del área designada como "Figura 4" en la Figura 3;

40 La Figura 5 es una ilustración de una vista isométrica de la laminadora de grado no cero utilizada para acumular chapas no cero que forman parte del aparato mostrado en las Figuras 3 y 4;

La Figura 6 es una ilustración de una vista de extremo tomada en la dirección designada como "Figura 6" en la Figura 4;

La Figura 7 es una ilustración similar a la Figura 5 pero que muestra la laminadora de grado no cero reorientada para fijar en 45 grados los cursos de la cinta;

45 La Figura 8 es una ilustración de una vista de planta de la laminadora mostrada en la Figura 7;

La Figura 9 es una ilustración de una vista lateral de una de las vigas del conjunto que forman parte de la laminadora de grado no cero mostrada en las Figuras 5-8;

La Figura 10 es una ilustración de una vista en perspectiva de la viga de conjunto que se muestra en la Figura 9;

- La Figura 11 es una ilustración de una vista en perspectiva de uno de los módulos de control de cinta y riel de guía de carro asociado que forma parte de la viga de conjunto mostrada en las Figuras 9 y 10;
- La Figura 12 es una ilustración de una vista en perspectiva del módulo de control de cinta y el carro asociado mostrado en la Figura 11;
- 5 La Figura 13 es una ilustración que muestra cursos de cinta puesto mediante pasos sucesivos de la laminadora no cero para formar una chapa de 45 grados;
- La Figura 14 es una ilustración de un diagrama de flujo de un método de laminar materiales compuestos que utilizan una laminadora de grado no cero mostrado en las Figuras 5-8;
- 10 La Figura 15 es una ilustración de una vista isométrica de la laminadora de grado cero mostrada en las Figuras 1 y 2 para acumular sustancialmente chapas de grado cero;
- La Figura 16 es una ilustración de otra vista isométrica de la laminadora de grado cero mostrada en la Figura 15, tomada desde el fondo;
- La Figura 17 es una ilustración de un curso de cinta sencillo acumulado por la laminadora de grado cero mostrado en las Figuras 15 y 16;
- 15 La Figura 18 es una ilustración de un lado de un módulo de control de cinta empleado en la laminadora de grado cero mostrada en las Figuras 15 y 16;
- La Figura 19 es una ilustración del otro lado del módulo de control de cinta mostrado en la Figura 18;
- La Figura 20 es una ilustración similar a la Figura 19 pero explotada para mostrar los submontajes del módulo de control de cinta;
- 20 La Figura 21 es una vista de extremo del rotor de la cortadora y el rotor del yunque que forman parte del módulo de control de cinta mostrado en las Figuras 18-20;
- La Figura 22 es una ilustración de una vista de planta de una chapa que tiene cursos de cinta discontinuos acumulados por la laminadora de grado cero mostrada en las Figuras 15 y 16;
- La Figura 23 es una ilustración del área designada como "Figura 23" en la Figura 22;
- 25 La Figura 24 es una ilustración de un diagrama de flujo de un método de laminar materiales compuestos utilizando la laminadora de grado cero mostrada en las Figuras 15 y 16;
- La Figura 25 es una ilustración de una vista isométrica de una porción de uno de los módulos de control de cinta utilizados en la laminadora de grado no cero mostrada en las Figuras 5-8;
- 30 La Figura 26 es una ilustración de una vista en perspectiva que muestra detalles adicionales del montaje de cortadora que forma parte del módulo de control de cinta mostrado en la Figura 25;
- La Figura 27 es una ilustración de una vista diagramática que muestra el movimiento de la hoja de corte del montaje de cortadora mostrado en las Figuras 25 y 26, junto con la cinta y el yunque durante un corte;
- La Figura 28 es una ilustración de un diagrama de flujo de un método de laminar cinta utilizando el módulo de control de cinta mostrado en la Figura 25;
- 35 La Figura 29 es una ilustración de un curso de cinta sencillo de 45 grados cortado en ángulos paralelos al sustrato y que muestra áreas de desperdicio evitadas por los cortes angulares;
- La Figura 30 es una ilustración de un diagrama de flujo de un método de laminar materiales compuestos utilizando cortes de cinta paralelos a un borde de sustrato como se muestra en la Figura 29;
- 40 La Figura 31 es una ilustración de una vista en perspectiva de un montaje cortador de cinta que forma parte del módulo de control de cinta mostrado en la Figura 25;
- La Figura 32 es una ilustración de una vista en sección tomada a lo largo de la línea 32-32 en la Figura 31;
- La Figura 33 es una ilustración de una vista en sección transversal similar a la Figura 32 pero que muestra detalles adicionales del montaje de cortadora;
- 45 La Figura 34 es una ilustración de una vista de la parte superior del módulo de control de cinta mostrada en la Figura 26 que muestra el accionador rotador de la cinta en una primera posición;

La Figura 35 es una ilustración similar a la Figura 34 pero que muestra el accionador rotador de la cinta que ha sido accionado a una segunda posición;

Las Figuras 36-38 ilustran respectivamente el montaje cortador mostrado en las Figuras 31-33 en tres diferentes posiciones rotacionales;

- 5 La Figura 39 es una ilustración de un diagrama de bloque de los componentes básicos eléctrico y neumático del aparato mostrado en las Figuras 1 y 3;

La Figura 40 es una ilustración de un diagrama de flujo de una producción de aeroplano y la metodología del servicio

La Figura 41 es una ilustración de un diagrama de bloque de un aeroplano

Descripción detallada

- 10 En referencia primero a la Figura 1, el aparato de laminación 50 para acumular una parte 52 de material compuesto sobre un sustrato que puede comprender la mesa 54 o herramienta, comprende ampliamente primeras y segundas laminadoras 56, 58 cada una operada automáticamente por un controlador 86 que puede comprender un PC, PLC (controlador lógico programable) u otro controlador electrónico. La mesa o el sustrato 54 y las laminadoras 56, 58 son móviles relativamente; en la realización ilustrada, las laminadoras 56, 58 son independientemente móviles con
15 relación a la mesa 54, sin embargo, en otras realizaciones, este movimiento relativo se puede lograr al mover la mesa 54 con relación a las laminadoras 56, 58. La mesa 54 puede incluir un control 53 de elevación de mesa para controlar la elevación de la mesa 54, y así de la distancia vertical entre el cúmulo 52 parcial y las laminadoras 56, 58. El cúmulo 52 parcial puede comprender múltiples chapas (no mostradas) de la cinta de material compuesto laminada, en donde cada una de las chapas se forma al laminar múltiples cursos de cinta unidireccional sobre la
20 mesa 54, o una chapa previamente puesta del cúmulo 52 parcial. Las chapas del cúmulo 52 parcial pueden tener orientaciones de fibra con base en un programa de chapa predeterminado. Como se discutirá adelante en más detalle, el aparato 50 de laminación es particularmente bien adecuado para acumular partes relativamente largas y estrechas tales como largueros y viguetas (no mostrados) utilizados en la industria aeroespacial

- 25 La segunda laminadora 58, algunas veces denominada en lo sucesivo como una laminadora 58 grados cero, se adapta para laminar simultáneamente múltiples cursos (no mostrados en la Figura 1) de cinta de material compuesto unidireccional generalmente en una orientación grado cero. En el caso de los cúmulos parciales 52 relativamente largos, estrechos, la orientación grado cero se extiende a lo largo de la longitud del cúmulo 52 parcial. La laminadora 58 incluye un caballete 57 que comprende una viga 60 transversal que se extiende a través de la mesa 54 y soportada en sus extremos opuestos por los soportes 62, 64. Una o más cabezas 66 laminadoras se montan para
30 movimiento a lo largo de la viga 60. Cada una de las cabezas 66 de laminación puede incluir uno o más módulos 68 de control de cinta que funcionan para cortar, agregar y compactar las longitudes de la cinta de material compuesto (no mostrada en la Figura 1) sobre el cúmulo 52 parcial

- 35 La primera laminadora 56, algunas veces denominada en lo sucesivo como una laminadora 56 no cero, lamina cinta de material compuesto unidireccional a lo largo de las orientaciones diferentes a las orientaciones grado cero. Por ejemplo, y sin limitación, la primera laminadora 56 puede laminar cinta de material compuesto unidireccional orientada en 45, 90 o 135 grados con relación a una dirección de referencia, tal como el eje longitudinal (el eje X en la Figura 3) del cúmulo 52 parcial. Otras orientaciones angulares de la dirección de laminación también son posibles. La laminadora 56 no cero incluye un caballete 59 que comprende un conjunto de viga 76 sustancialmente paralelas soportadas por un par de marcos 72, 74 de soporte. Los marcos 72, 74 de soporte están montados sobre rieles 107
40 (Figuras 3 y 6) sobre la mesa 54 para movimiento a lo largo de la longitud de la mesa 54. Cada una de las vigas 76 incluye una o más cabezas 78 laminadoras. Cada una de las cabezas 78 laminadoras incluye uno o más módulos 80 de control de cinta que funcionan para cortar, agregar y compactar cinta de material compuesto unidireccional sobre el cúmulo 52 parcial, en la medida en que las cabezas 78 laminadoras viajan a lo largo de las vigas 76. Un primer conjunto de accionadores 82 se puede suministrar para ajustar el espaciamiento entre las vigas 76, y un segundo conjunto de accionadores 84 se puede suministrar para ajustar el espaciamiento entre las adyacentes de los
45 módulos 80 de control de cinta sobre cada una de las cabezas 78 laminadoras.

- 50 La Figura 2 ilustra un método de laminar partes de material compuesto utilizando un aparato 50 de laminación mostrado en la Figura 1. Iniciando en 88, la primera laminadora 56 grado no cero y sustrato 54 se mueven con relación el uno al otro. Como se anotó previamente, el sustrato puede comprender una mesa 54, una herramienta, o una chapa previamente puesta que forma parte del cúmulo 52 de chapa. En la etapa 90, una o más cabezas 78 laminadora sobre la laminadora 56 grado no cero se utiliza para laminar cinta de material compuesto a través del ancho (el eje Y 98 en la Figura 3) del sustrato 54, según se desee, ángulos no cero con relación a la longitud (eje X 98) del sustrato 54. En la etapa 92, la laminadora 58 grado cero y el sustrato 54 se mueve en relación el uno con el otro axialmente a lo largo de la longitud (eje X 98) del sustrato 52, 54. En la etapa 94, una o más de las cabezas 66
55 laminadoras sobre la laminadora 58 grado cero se utiliza para laminar cinta de material compuesto unidireccional a lo largo de la longitud del sustrato 54. Las etapas 88-94 se pueden repetir para aplicar una pluralidad de cursos de la cinta de material compuesto que forma múltiples chapas del cúmulo 52 parcial. En el ejemplo ilustrado, el sustrato 54

se fija y las laminadoras 56, 58 son móviles con relación al sustrato, sin embargo en otras realizaciones, puede ser posible mover el sustrato 54 con relación a las laminadoras 56, 58.

Las Figuras 3 y 4 ilustran una realización típica del aparato 50 de laminación. El aparato 50 de laminación opera en el sistema 98 de coordenadas X, Y, Z tridimensional en el cual el eje X corresponde a la longitud del cúmulo 52 parcial, el eje Y 98 corresponde al ancho "W" del cúmulo 52 parcial y el eje Z 98 se extiende sustancialmente normal al plano X-Y. Las laminadoras 56, 58 se alinean respectivamente la una con la otra y se mueven independientemente sobre rieles 107 sobre la mesa 54 a lo largo de la longitud de la mesa 54 (eje X 98) para acumular las chapas del cúmulo 52 parcial sobre la superficie 54a de la mesa. Como se mencionó previamente, el cúmulo 52 parcial puede ser relativamente largo en relación con su ancho "W" y puede comprender una parte de material compuesto tal como una vigueta o un larguero utilizado en aeroespacio u otras aplicaciones. En el ejemplo ilustrado, la superficie 54a de la mesa es sustancialmente plana, pero en otras realizaciones, la superficie 54a puede ser una herramienta (no mostrada) que tiene algún grado de curvatura o contorno.

La superficie 54a de la mesa puede incorporar elementos de calentamiento de resistencia (no mostrado) con el fin de calentar el cúmulo 52 parcial y de esta manera incrementar las velocidades de laminación. La mesa 54 puede ser removible y/o portátil para permitir el transporte de los cúmulos parciales 52 completados fuera de línea con el fin de incrementar la utilización de la máquina. La mesa 54 se puede desplazar verticalmente a lo largo del eje Z 98 mediante los motores (no mostrados) operados por el controlador 86. La ajustabilidad de la posición de la mesa a lo largo del eje Z 98 utiliza un control 53 de elevación de la mesa (Figura 1) que permite que sean hechos cambios en la distancia entre la superficie 54a de la mesa (Figura 1) cúmulo 52 parcial y las cabezas 66, 78 de laminación. Esto permite que sea hecha una compensación para incrementar el grosor de la parte de laminado en la medida en que chapas adicionales son colocadas, mientras que se mantiene el golpe de compactación relativamente corto, y permite un intercambio rápido de la superficie 54a superior de la mesa.

El caballete 57 que forma parte de la laminadora 58 grado cero comprende una viga 60 que se extiende transversalmente que está pivotantemente conectada en sus extremos opuestos a un par de soportes 62, 64 que son independientemente móviles sustancialmente paralelos al eje X 98. Los soportes 62, 64 se pueden montar sobre los rieles 107 sobre la mesa 54 para movimiento a lo largo del eje X 98. Una o más cabezas 66 laminadoras se montan para movimiento a lo largo de la viga 60, transversalmente a través del ancho de la mesa 54.

El caballete 59 que forma parte de la laminadora 56 grado no cero comprende una pluralidad de viga 76 sustancialmente paralelas, cada una de las cuales está soportada sobre y pivotantemente acoplada en sus extremos opuestos con un par de soportes 72, 74 de marco lateralmente espaciado. Los soportes 72, 74 de marco son impulsados a lo largo de los rieles 107 (ver Figuras 3 y 6) mediante los motores 103 de impulsión de caballete que mueven el caballete 59 a lo largo de la longitud de la mesa 54. Alternativamente, el caballete 59 se puede soportar sobre las ruedas (no mostradas) u otras estructuras para guiar el movimiento del caballete 59 a lo largo de la longitud de la mesa 54. Un par de brazos 100 biselados soportan los cables 102 de control flexibles que acoplan el controlador 86 (Figura 1) con los accionadores 82, 84, los módulos 80 de control de cinta y otros elementos controlados que forman parte de la laminadora 58.

Las Figuras 5 y 6 ilustran detalles adicionales de la laminadora 56 grado no cero. Cada uno de los soportes 72, 74 del marco del caballete 59 son generalmente rectangulares e incluyen lados 72a, 74a abiertos a través de los cuales un extremo 104 de cada una de las vigas 76 puede pasar. Cada una de las vigas 76 está suspendida de un miembro 72b, 74b de marco horizontal que forma parte de los soportes 72, 74 del marco. Los accionadores 82 que están acoplados entre las vigas 76 y los miembros 74b del marco y funcionan para ajustar el paso o espaciado "D" entre las vigas 76. En la realización ilustrada, cada una de las vigas 76 incluye una cabeza 78 laminadora que comprende un conjunto de tres módulos 80 de control de cinta. Sin embargo, se pueden emplear más o menos tres módulos 80 de control de cinta. También, mientras que cuatro vigas 76 se han ilustrado, se pueden emplear más o menos de cuatro vigas. En la realización de ejemplo, la laminadora 56 puede simultáneamente laminar hasta 12 cursos de cinta con cada paso las cuatro cabezas 78 laminadoras en conjunto sobre sustrato 54.

Cada una de las cabezas 78 laminadoras incluye un accionador 84 que controla el paso o distancia "D₂" entre los módulos 80 de control de cinta adyacente sobre la viga 76. En las Figuras 3-6, el caballete 59 se ilustra en su orientación de 90 grados en el cual las vigas 76 están alineadas sustancialmente paralelas al eje Y y el módulo 80 de control de cinta transversal a lo largo de las vigas 76 para fijar la cinta unidireccional que tiene una orientación de fibra sustancialmente de 90 grados. En esta configuración, los soportes 72, 74 de marco están sustancialmente alineados el uno con el otro en la dirección del viaje a lo largo del eje X 98.

Los soportes 72, 74 de marco son independientemente móviles en relación uno con el otro, paralelos al eje X 98, con el fin de cambiar la orientación angular de cada una de las vigas 76 que están pivotantemente montadas sobre los soportes 72, 74 de marco. Las orientaciones angulares comunes de las vigas 76 son de 45, 90 y 135 grados, sin embargo, son posibles otras orientaciones angulares. Las Figuras 7 y 8 ilustran los soportes 72, 74 de marco que han sido cambiados a lo largo del eje X 98 con relación el uno al otro con el fin de orientar las vigas 76 en un ángulo de 45 grados con relación al eje X 98 el cambio en la orientación angular de las vigas 76 y así en la dirección de viaje de las cabezas 78 laminadoras a lo largo de las vigas 76, se puede alterar al enviar señales de control a los motores 103 de impulsión que originen que al menos uno de los marcos 72, 74 de soporte se desplacen paralelos al

eje X 98 con relación al otro marco 72, 74 de soporte. En la medida en que los marcos 72, 74 de soporte se desplazan con relación el uno al otro, las vigas 76 pivotan alrededor de ejes paralelos al eje Z 98 a la orientación angular deseada. Cuando las vigas 76 son pivotadas al ángulo de laminación deseado, el alineamiento del módulo 80 de control de cinta con relación al otro a lo largo del eje X 98 se puede ajustar de tal manera que los módulos 80 puedan simultáneamente comenzar fijando la cinta en un borde del sustrato 54. En el ejemplo ilustrado, las vigas 76 que han sido pivotadas en una orientación de 45 grados con relación al eje X 98, las cabezas 78 laminadoras simultáneamente fijan múltiples cursos de la cinta que tiene una orientación angular de 45 grados. Después de que un conjunto de cursos de cinta es fijado, el caballete 59 avanza crecientemente a lo largo del eje X 98 a la siguiente posición de índice en donde el siguiente conjunto de cursos de cinta no cero es fijado por las cabezas 78 laminadoras. Ya que las vigas 76 se pueden pivotar en un ángulo deseado, y los módulos 80 de control de cinta se pueden realinear con relación el uno al otro para simultáneamente iniciar la laminación de una chapa de grado no cero, una hilera amplia de los cursos de la cinta se puede fijar sin sobre viaje de los módulos 80, dando como resultado una alta velocidad de laminación. Como se mencionó previamente, la mesa 54 se puede desplazar crecientemente a lo largo del eje Z 98 mediante los motores (no mostrados) operados por la controladora 86 para compensar el grosor de cada una de las chapas que se acaban de poner, manteniendo de esta manera el golpe de compactación relativamente corto.

Las Figuras 9 y 10 ilustran detalles adicionales de una de las vigas 76 y la cabeza 78 laminadora asociada. Cada una de las vigas 76 incluye un cojinete 118 de pivote sobre un extremo del mismo, y un cojinete 120 pivotante y deslizable espaciado del cojinete 118 de pivote. El cojinete 118 de pivote acopla pivotantemente la viga 76 a uno de los soportes 72 de marco y el cojinete 120 de pivote y deslizable acopla la viga 76 al otro soporte 74 de marco tanto para movimiento pivotante como movimiento deslizando lineal en la medida en que la viga 76 cambia su orientación angular. Como se estableció previamente, la cabeza 78 laminadora comprende un conjunto de tres módulos 80 de control de cinta, sin embargo son posibles más o menos de tres módulos 80 de control de cinta. En el ejemplo ilustrado, cada una de las cabezas 78 laminadoras lamina tres tiras sustancialmente paralelas de cinta de material compuesto unidireccional sobre el sustrato 54. En referencia también ahora a las Figuras 11 y 12, cada uno de los módulos 80 de control de cinta se asegura a un carro 108 que tiene los bloques 110, 112 que corren por el riel lineal que se desliza a lo largo de los rieles 116 lineales sobre un soporte 106. Los carros 108 son impulsados a lo largo de los rieles 116 mediante servomotores 115 lineales montados sobre los carros 108. Cada uno de los soportes 106 es montado por los accionadores 114 de bloqueo sobre una de las vigas 76.

La Figura 13 ilustra la laminación de una chapa 147 relativamente estrecha que tiene una orientación de fibra de 45 grados sobre un sustrato 52 que utiliza una laminadora 58 de grado no cero. La chapa 147 se forma mediante múltiples pasos de las cuatro cabezas 78 laminadoras sobre las vigas 76 sobre el sustrato 52. Durante un primer paso 124 de las cabezas 78 laminadoras, doce tiras 132 de cinta de 45 grados son fijadas mediante los doce módulos 80 de control de cinta sobre una de las cuatro vigas 76, en relación separada la una con la otra, como se muestra por las flechas 145. Después del primer paso 124, el caballete 59 es movido a una distancia creciente a lo largo del eje X 98, y las cabezas 78 laminadoras fijan un segundo conjunto de tiras de cinta de 45 grados en un segundo paso 126. Este proceso de fijación es repetido durante un tercer paso 128 y un cuarto paso 130 hasta que las tiras 132 de cinta forman una chapa 147 sustancialmente continua. Después de que se forma cada chapa 147, la mesa 54 (Figura 4) se puede desplazar crecientemente hacia abajo a lo largo del eje Z 98 mediante el control 53 de elevación de la mesa para compensar el grosor de lámina adicional agregado por la chapa 147.

La Figura 14 ilustra las etapas totales de un método de laminar cinta de material compuesto sobre un sustrato 52 o 54 utilizando la laminadora 56 mostrada en las Figuras 5-8. Iniciando en 134, la laminadora 56 y el sustrato 52/54 se mueven en relación el uno con el otro a lo largo de un eje 98 el cual, en el ejemplo ilustrado, es el eje X 98. En 136, uno o más de los módulos 80 de control de cinta se mueven a lo largo de una viga 76 sobre la laminadora 56, y en 138, el módulo 80 de control de cinta se utiliza para laminar al menos una tira de la cinta sobre el sustrato 52/54. En 140, la dirección de laminación es cambiada al cambiar la orientación angular de la viga 76 con relación al eje X 98, al pivotar la viga 76 alrededor de un eje Z 98. Después que cada chapa ha sido laminada sobre el sustrato 52/54 en las etapas 134-140, la altura del sustrato 52/54 con relación a los módulos 80 de control de cinta, y así la distancia entre ellos, se puede ajustar a lo largo del eje Z 98 para compensar por el grosor de la chapa que se acaba de poner. Este ajuste se puede efectuar al ajustar la elevación de la mesa 54 mostrada en las Figuras 3 y 4.

La atención se dirige ahora a las Figuras 15 y 16 que ilustran detalles adicionales de la laminadora 58 de grado cero mostrada en las Figuras 1, 3 y 4. La laminadora 56 incluye un caballete 57 que comprende un par de soportes 62, 64 respectivamente sobre los lados opuestos de la mesa 54 y una viga 60 que se extiende a través de la mesa 54 y que es mantenida por el soporte 62, 64. La viga 60 está conectada a los soportes 62, 64 mediante cojinetes 150, 152 de pivotes separados similares a los cojinetes 118, 120 de pivote previamente discutidos en relación con las Figuras 9 y 10. Aunque no se muestran en los dibujos, los cojinetes 152 de pivote pueden incluir un montaje deslizando similar a aquel utilizado en los cojinetes 120 de pivote y deslizando mostrado en la Figura 10 que le permiten al cojinete 152 de pivote deslizarse linealmente. Los cojinetes 150, 152 de pivote le permiten a la viga 60 cambiar su orientación angular con relación al eje X 98. Este cambio en la orientación angular se puede efectuar al mover uno de los soportes 62, 64 con relación al otro soporte 62, 64 a lo largo del eje X 98. Un par de cabezas 66 de laminadoras de cinta se montan sobre los rieles 148 para movimiento a lo largo de la longitud de la viga 66. Cada una de las cabezas 66 laminadoras incluye una pluralidad de módulo 68 de control de cinta que se describirán posteriormente

con más detalle. En otras realizaciones, la laminadora 58 puede incluir más de tres cabezas 66 laminadoras o solamente una cabeza 66 laminadora sencilla.

Los módulos 68 de control de cinta pueden fijar los cursos continuos o discontinuos de la cinta de material compuesto en una relación borde con borde a lo largo de la longitud del cúmulo 52 parcial, en la dirección del eje X 98. Sin embargo, como se muestra en la Figura 17, en razón a que la orientación angular de la viga 60 se puede cambiar, es posible variar la orientación angular alfa de los cursos 155 de cinta con relación al eje X 98. En algunas realizaciones la orientación angular de la viga 60 se puede cambiar por una cantidad relativamente pequeña de tal manera que el ángulo alfa de los cursos 155 de cinta esté entre aproximadamente 0 y 5 grados. Sin embargo, en otras realizaciones, dependiendo del programa de chapa especificado por el cúmulo 52 parcial particular, la viga 60 se puede rotar a orientaciones angulares de tal manera que el ángulo alfa de los cursos 155 de cinta sean mayores de 5 grados y hasta aproximadamente 45 grados. Los cursos 155 de cinta laminada por la laminadora 58 a lo largo de la longitud del cúmulo 52 parcial que tiene ángulos alfa de orientación entre aproximadamente 5 y 45 grados puede suministrar la parte con rigidez de chapa transversal adicional que puede reducir el número de chapas transversales requeridas para ser laminadas por la laminadora 56 grado no cero y/o puede mejorar el desempeño de la parte. La laminadora 56 puede además incluir cabezas 142 de corte ultrasónicas para cortar cúmulos a las partes en forma de red en aparato 144 de inspección de espacio en proceso para medir los espacios entre los cursos adyacentes de la cinta laminada. Cortar el cúmulo parcial a una forma de red que utiliza cabeza 142 de corte es ventajoso porque esta puede eliminar la necesidad de maquinar el cúmulo parcial después de que esta es curada, y puede permitirle a la parte ser cocurada, en lugar de coundida con otras partes. Aunque no se muestre en los dibujos, la orientación alfa angular de los cursos 155 de cinta se puede cambiar al montar las cabezas 66 de laminación sobre las vigas 66 para rotación alrededor del eje Z 98.

Se dirige ahora la atención a las Figuras 18, 19 y 20 que ilustran detalles adicionales de uno de los módulos 68 de control de cinta empleados en la laminadora 56 mostrada en las Figuras 15 y 16. Un montaje 160 de suministro de cinta comprende un carrete 172 de cinta unidireccional, y puede incluir mecanismos de tensión y ruptura activos adecuados (no mostrados) para la alimentación de cinta. Un montaje 162 de alimentación de cinta arrastra la cinta desde el montaje 160 de suministro y la alimenta a un montaje 166 de cortadora. El montaje 166 de cortadora incluye un sistema de impulsión de cortadora sincronizado que comprende un par de servomotores 182, 184 sincronizados montados sobre la carcasa 188. Los servomotores 182, 184 impulsan respectivamente un rotor 190 de cortadora y un rotor 192 de yunque que son soportados por buje para rotación en la carcasa 188. El rotor 190 de la cortadora y el rotor 192 del yunque forman juntos una línea de unión 197 (Figuras 18 y 21) en la cual la cinta se alimenta y se corta entre una hoja 200 de cortadora y una superficie 195 de yunque sobre el rotor 192 de yunque.

Un montaje 179 de agregar/compactar incluye rodillos de presión (Figura 18) 176 y canales 186 que guían la cinta desde el carrete 172 a un rodillo 178 de compactación que compacta la longitud de corte de la cinta 156 sobre un sustrato 54 (Figura 18). Un montaje 168 de recogida recoge el respaldo del papel (no mostrado) arrastrado desde la cinta 156 antes de que la cinta 156 sea alimentada al rodillo 178 de compactación, y rueda el respaldo de papel sobre el carrete 180 de retoma. Un montaje 164 elevador eleva y hace descender los montajes 160, 162, 179 y 186 y controla la fuerza de compactación aplicada a la cinta 156 mediante el rodillo 178 de compactación.

La Figura 21 ilustra una realización del rotor 190 de cortadora y rotor 192 de yunque empleado en el módulo 160 de control de cinta mostrado en las Figuras 18-20. El rotor 190 de cortadora incluye una hoja 200 de cortadora alargada montado sobre un cuerpo 194 de rotor. Un par de cojinetes 196 sobre los extremos opuestos del cuerpo 194 del rotor montan el rodillo 190 para rotación sobre la carcasa 188 mostrada en la Figura 20. Un eje 198 acoplado con el cuerpo 194 del rotor se conecta con el servo motor 182. El rotor 190 de la cortadora y el rotor 192 del yunque están ubicados para formar una línea de unión 197 en la cual se alimenta la cinta 156. El rotor 192 del yunque incluye un cuerpo 193 de yunque suministrado con los cojinetes 191 montantes y una superficie 195 de yunque exterior contra la cual la hoja 200 corta la cinta 156. Los servomotores 182, 184 mostrados en las Figuras 19 y 20 se sincronizan para impulsar los rotores de cortadora y yunque 190, 192 respectivamente sustancialmente a la misma velocidad.

Las Figuras 22 y 23 ilustran una chapa 206 de material compuesto típica formada de múltiples cursos 208 de cinta de grado cero sustancialmente paralela. La sincronización de la velocidad de la cortadora y el yunque descritos anteriormente le permiten a la cinta 156 ingresar al montaje 166 de cortadora (Figura 20) para ser sucesivamente cortados en segmentos 208a de tira corta puestos en estribos extremo con extremo sin espacios sustanciales entre ellos, para formar cursos 208 de cinta continua. El numeral 210 indica un área 210 de la chapa 206 donde cada uno de los cursos 208 es discontinuo y comprende múltiples segmentos 208a separados por cortes 212 como se ve mejor en la Figura 23, los segmentos 208a de cinta colindante en cada curso 208 son sustancialmente contiguos el uno con el otro con poco o ningún espacio entre ellos. El uso de múltiples cortes en los cursos 208 de cinta con poco o ningún espacio puede ayudar a reducir o eliminar las arrugas de la chapa 208 durante la formación. Aunque solamente una sección 210 de la chapa 208 se muestra como teniendo múltiples cortes 212, los cursos 208 de cinta tienen múltiples cortes 212 se pueden formar en cualquier área de la chapa 206, o pueden extenderse a través de uno o más o todos los cursos 208 de la chapa 206.

La Figura 24 ilustra un método para laminar cinta de material compuesto que utiliza el módulo 160 de control de cinta mostrado en las Figuras 18-20. Iniciando en 214, una cabeza 66 laminadora de cinta se mueve sobre un sustrato 54 y en 216, la cinta es alimentada a un rodillo 178 de compactación de uno o más módulos 160 de control

de cinta que forman parte de la cabeza 66 de laminación. En 218, la hoja 200 de corte y el yunque 192 son rotados a sustancialmente la misma velocidad y en 220, la hoja 200 y el yunque 192 se utilizan para cortar la cinta en tiras o segmentos 208a discontinuos. En 222, las tiras o segmentos 208a de cinta discontinua se compactan sobre el sustrato 54. Finalmente, después de que se ha laminado la chapa sobre el sustrato 54 en las etapas 214 – 222, la altura del sustrato 54 con relación a la cabeza 66 laminadora, y así la distancia entre ellos, se puede ajustar a lo largo del eje Z 98 para compensar el grosor de la chapa que se acaba de poner. Este ajuste se puede efectuar al ajustar la elevación de la mesa 54 mostrada en las Figuras 3 y 4.

La atención ahora se dirige a las Figuras 25 y 26 que ilustran porciones de uno de los módulos 80 de control de cinta empleados en las cabezas 78 laminadoras (Figura 1, 5-12) un montaje 226 de agregar/cortar cinta es montado mediante muñones 232 sobre un submarco 230 para movimiento pivotante alrededor de un eje 234 que se extiende normal a la dirección de viaje (no mostrado) de la cabeza 78 laminadora. El submarco 230 se monta para movimientos lineales hacia arriba y hacia abajo sobre un marco 224 principal por medio de un montaje 228 deslizante. El montaje 226 pivotante incluye una hoja 238 cortadora tipo guillotina alternativa ubicado sustancialmente en el centro del montaje 226 que corta la cinta (no mostrada) que pasa sobre un yunque 250. Los rodillos 242 mantienen la hoja 238 en posición contra el yunque 250 durante un corte de la cinta. Los montajes 226 de la cortadora/adicionadora de cinta ubica el extremo de la cinta consistentemente y precisamente. Como se discutirá posteriormente con más detalle, la hoja 238 cortadora se puede rotar mediante un accionador 240 a cualquiera de una pluralidad de posiciones de corte para hacer los cortes de cinta angulares, tal como aquellos previamente descritos en conexión con la Figura 13.

En referencia particularmente a la Figura 26, la cinta de material compuesto de un suministro de cinta (no mostrado) sobre el módulo 80 de control de cinta se alimenta a través de una guía 244 y a través de un rodillo 246 al montaje 226 pivotante agregador/cortador de cinta donde esta es cortada por la hoja 238 y luego compactada contra un sustrato (no mostrado) mediante un rodillo 236 de compactación sobre el submarco 230. Durante el corte de la cinta, el montaje 226 pivotante pivota alrededor del eje 234 en la medida en que la hoja 238 pasa a través de la cinta y la separa contra el yunque 250.

La Figura 28 ilustra de manera diagramática un corte de cinta hecho “sobre el vuelo” mediante el montaje 226 pivotante. Durante el corte, la hoja 238 del yunque 250 se mueve el uno con el otro a través de un arco 252, desde la posición mostrada en 256 a la posición mostrada en 258. En 256, la hoja 238 se mueve hacia abajo 254 y acopla inicialmente la cinta 156. La hoja 238 y el yunque 250 puede continuar moviéndose a lo largo del arco 252, la hoja 238 se mueve a través de la cinta 156 y pasa el yunque 250 hasta que la cinta es separada en 258. Así, la hoja 238 se mueve junto con el yunque 250 así como con la cinta 156 durante un corte hasta que el corte se completa. Como resultado de este movimiento simultaneo de la hoja 238 y la cinta 156 durante el corte “al vuelo” los picos de tensión en la cinta 156 se pueden reducir lo cual puede ayudar con alimentación suave de la cinta al rodillo 236 de compactación, y reduce la posibilidad del levantamiento de la cinta del sustrato luego de compactación.

La Figura 28 ilustra las etapas de un método de laminar cinta de material compuesto sobre un sustrato 54 utilizando una cabeza 78 de laminación del tipo que emplea el montaje 226 de cortadora pivotante mostrado en las Figuras 25 y 26. Iniciando en 270, la cabeza 78 de laminación de cinta se mueve sobre el sustrato y en 272, la cinta se alimenta a un rodillo 236 de compactación. En 274, una hoja 238 se utiliza para cortar la longitud desde la cinta en la medida en que la cabeza 78 continua moviéndose. La hoja 238 se mueve junto con la cinta durante un corte. En 276, la longitud del corte de la cinta es compactada sobre el sustrato 54.

En referencia ahora a la Figura 29, como se discutió previamente en relación con la Figura 13, la cabeza 78 de laminación que emplea los módulos 80 de control de cinta del tipo mostrado en las Figuras 26 y 27 se pueden emplear para laminar los cursos 132 de cinta no cero sobre un sustrato 54 en el cual los extremos 85 del curso 132 de cinta son angularmente cortados, sustancialmente paralelos a los bordes 52a del sustrato 52. Al cortar los extremos 85 de la cinta 132 sustancialmente paralelos a los bordes 52a en sustrato en lugar de normales a los bordes 135 longitudinales de la cinta 132, se evita un área de cinta desechada indicada mediante el área 132a con trama. Estos cortes de cinta angular se logran al rotar la hoja 238 de la cortadora de tal manera que sea sustancialmente paralela a los bordes 52a del sustrato.

La Figura 30 ilustra un método de laminar cursos de cinta no cero sobre un sustrato 54 utilizando los cortes de cinta angular mostrados en la Figura 29. Iniciando en 280, la cabeza 78 laminadora se mueve sobre un sustrato 54 en un ángulo 137 (Figura 29) oblicuo a un extremo 52a del sustrato 54. En 282, las longitudes de la cinta 132 son cortadas en la medida en que la cabeza 78 se mueve sobre el sustrato 54; la cinta 132 es cortada sustancialmente paralela al borde 32a del sustrato. En 284, la cinta 132 de corte es compacta sobre el sustrato 54.

Las Figuras 31, 32 y 33 ilustran detalles adicionales del montaje 226 de la agregadora/cortadora pivotante previamente discutida en relación con las Figuras 25 y 26, y particularmente las características que le permiten a los cortes de las cintas angulares ser hechos como se describió anteriormente. El montaje 226 de cortadora incluye un montaje 245 de rotor que comprende un cilindro 248 que tiene un cojinete 314 rotante dentro de una carcasa 288. El cilindro 248 incluye una parte superior 290 del cilindro que rota junto con el cilindro 248. Un pistón 300 alternativo dentro del cilindro 248 se asegura al extremo superior de la hoja 238. La hoja 238 puede tener un recubrimiento no pegajoso adecuado (no mostrado) tal como nitruro de titanio o un PVD (depósito de vapor físico) para evitar que la

5 hoja se pegue a la resina de la cinta durante los cortes. El yunque 250 junto con el soporte de cinta 286, se conectan mediante un brazo 304 de yunque al cilindro 248 y así son rotables junto con el cilindro 248 dentro de la carcasa 288. Un pestillo 308 de hoja asegura la hoja 238 al pistón 300 y se puede liberar para permitir la remoción y
 10 remplazo de la hoja desde el fondo del montaje 226. Se puede suministrar un amortiguador 298 de espuma entre el pistón 300 y la parte superior 290 del cilindro para amortiguar el movimiento del pistón 300 cuando este alcanza su extremo superior de movimiento.

El pistón 300, y así el movimiento alternativo de la hoja 238 son impulsados por aire presurizado que ingresa al
 10 montaje 226 de la cortadora a través de un puerto 296 de entrada de aire. Como se ve mejor en la Figura 33, El aire que ingresa al puerto 296 de entrada pasa a través de una válvula 308 de distribución controlada por una bobina 294 móvil eléctrica. El aire presurizado que se permite pasar a través de la válvula 308 durante el ciclo de corte ingresa a los puertos 310 de válvula y a la parte superior 290 del cilindro en el cilindro 248. Múltiples pares de puertos 310 de
 15 válvula se suministran los cuales conectan respectivamente la válvula 308 con el cilindro 248, dependiendo de la posición rotacional del cilindro 248 y la hoja 238. El aire presurizado que ingresa al cilindro 248 fuerza el pistón 300 y así la hoja 238 hacia abajo para cortar una longitud de la cinta contra el yunque 250. La bobina 294 móvil es excepcionalmente rápida actuando y haciendo que la válvula 308 de distribución sea accionada y retraída a altas velocidades lo que facilita las carreras de corte mediante la hoja 238.

Las Figuras 34 y 35 ilustran la conexión mecánica entre el accionador 240 lineal de tres posiciones mostrado en las Figuras 25 y 26 y la parte superior 290 del cilindro. En el ejemplo ilustrado el accionador lineal es un cilindro de tres
 20 posiciones operado neumáticamente, sin embargo, son posibles otras formas de accionadores. El accionador 240 de tres posiciones desplaza linealmente un eje 240a de salida a cualquiera de las tres posiciones lineales. El eje 240a de salida está conectado pivotantemente a la parte superior 290 del cilindro y rota la parte superior del cilindro 290 junto con el cilindro 248, la hoja 238 y el yunque 250 a cualquiera de un número de posiciones rotacionales deseadas las cuales, en la realización ilustrada, comprende posiciones de 45, 90 y 135 grados con relación a la dirección de viaje del módulo 80 de control de cinta. Las Figuras 36, 37 y 38 ilustran respectivamente la rotación de
 25 la hoja 238 a las posiciones de corte de 45, 135 y 90 grados.

La Figura 39 es un diagrama de bloque funcional que muestra los componentes de control del aparato 50. Como se indicó previamente, el controlador 86 puede comprender un PC, PLC u otro dispositivo controlador electrónico y funciona para controlar una serie de controles neumáticos y eléctricos de cada una de las laminadoras 56, 58, y el control 53 de elevación de mesa. Los elementos de la primera laminadora 56 controlada por el controlador 86
 30 incluyen una unidad 322 cortadora, las funciones 324 del módulo de control de cinta, y los motores 115 lineales de módulo de control de cinta, los accionadores 82, 84 de espaciado de módulo de control de espaciado de viga y cinta respectivamente, y los motores 102 de impulsión de caballete. El controlador 86 opera la unidad 102 de marco de caballete para avanzar crecientemente el caballete 59 y así las vigas 76 en conjunto, a la siguiente posición de laminación como se describió en relación con la Figura 13. Cuando la unidad 102 de marco de caballete altera el ángulo de laminación de las vigas 76 al desplazar los soportes 72, 74 de marco con relación el uno con el otro, el controlador 86 envía señales de control a los motores 115 de impulsión lineal del módulo de control de cinta que realinean los módulos 80 en relación el uno con el otro a lo largo de las vigas 76, de tal manera que los módulos 80 puedan simultáneamente iniciar poniendo cinta a lo largo de un borde de inicio del sustrato 54 (por ejemplo borde 52a en la Figura 13).

40 En el caso de la laminadora 58, el controlador 86 controla la unidad 318 de movimiento de caballete, el motor 182 de rotor de hoja, el motor 184 de rotor de yunque y el módulo de cinta controlan las funciones 320 que incluyen, por ejemplo, sin limitación, las funciones de cortar y agregar cinta así como también la presión de compactación. El controlador 86 también puede controlar la operación de una o más cabezas 53 de cortadora sobre la laminadora 58 que se puede utilizar para cortar el cúmulo 52 parcial a una forma de red. Las velocidades de los servomotores 182, 184 son sincronizadas mediante el controlador 86, como se discutió previamente. La unidad 318 de caballete puede
 45 incluir, por ejemplo, y sin limitación, los motores de rueda (no mostrados) que impulsan el caballete 57 (Figuras 15 y 16) a lo largo de la longitud de la mesa 54, así como también los motores (no mostrados) que impulsan las cabezas 66 de laminación a través de la viga 60 de caballete.

Las realizaciones de la divulgación pueden encontrar uso en una variedad de aplicaciones potenciales, particularmente en la industria del transporte, que incluyen, por ejemplo, aplicaciones aeroespaciales, marítimas, automotrices y en otras aplicaciones donde se puede utilizar un equipo de acumulación automatizado. Así, en referencia a las Figuras 40 y 41, las realizaciones de la divulgación se pueden utilizar en el contexto de la fabricación de una aeronave y el método 326 de servicio como se muestra en la Figura 40 y una aeronave 328 como se muestra en la Figura 41. Las aplicaciones en aeronave de las realizaciones pueden incluir, por ejemplo, sin limitación
 55 acumulación de miembros, endurecedores tales como, sin limitación viguetas y largueros. Durante la preproducción, el método 326 de ejemplo puede incluir especificación y diseño 330 de la aeronave 328 y adquisición 332 de material. Durante la producción, tiene lugar la fabricación 334 del componente y el submontaje y la integración 336 del sistema de la aeronave 328. Posteriormente, la aeronave 328 puede ir por la certificación y el suministro 338 con el fin de ser puesta en servicio 340. Mientras está en servicio por un cliente, la aeronave 328 es programada para mantenimiento y servicio 342 de rutina que también puede incluir la modificación, reconfiguración, renovación y así sucesivamente.

5 Cada uno de los procesos del método 326 se puede efectuar o llevar a cabo mediante un integrador de sistema, una tercera parte, y/o un operador (por ejemplo un cliente). Para los propósitos de esta descripción, un integrador del sistema puede incluir sin limitación cualquier número de fabricantes de aeronaves y subcontratistas del sistema principal; un tercero puede incluir sin limitación cualquier número de vendedores, subcontratistas y suministradores; y un operador puede ser una aerolínea, una compañía de arrendamiento, una entidad militar, una organización de servicio, y así sucesivamente.

10 Como se muestra en la Figura 41, la aeronave 328 producida por el método 326 de ejemplo puede incluir una aeronave 344 con una pluralidad y sistemas 346 y un interior 348. Ejemplos de sistemas 346 de alto nivel incluyen uno o más sistemas 350 de propulsión, un sistema 352 eléctrico, un sistema 354 hidráulico, y un sistema 356 ambiental. Cualquier número de otros sistemas puede estar incluido. Aunque se muestra un ejemplo de aeroespacio, los principios de la divulgación se pueden aplicar a otras industrias, tales como las industrias marítima y automotriz.

15 Los sistemas y métodos de las realizaciones mostradas aquí se pueden emplear durante una o más de las etapas de producción y el método 326 de servicio. Por ejemplo, los componentes y submontajes que corresponden al proceso 334 de producción se pueden fabricar o elaborar de manera similar a los componentes o submontajes producidos mientras la aeronave 328 está en servicio. También, una o más realizaciones de aparato, realizaciones de método, o una combinación de los mismos se puede utilizar durante las etapas 334 y 336 de producción, por ejemplo, mediante hacer expedito de manera sustancial el montaje de o reducir los costos de una aeronave 328. De manera similar, una o más realizaciones del aparato, realizaciones de método, o una combinación de los mismos se puede utilizar mientras que la aeronave 138 está en servicio, por ejemplo y sin limitación para mantenimiento y servicio 342.

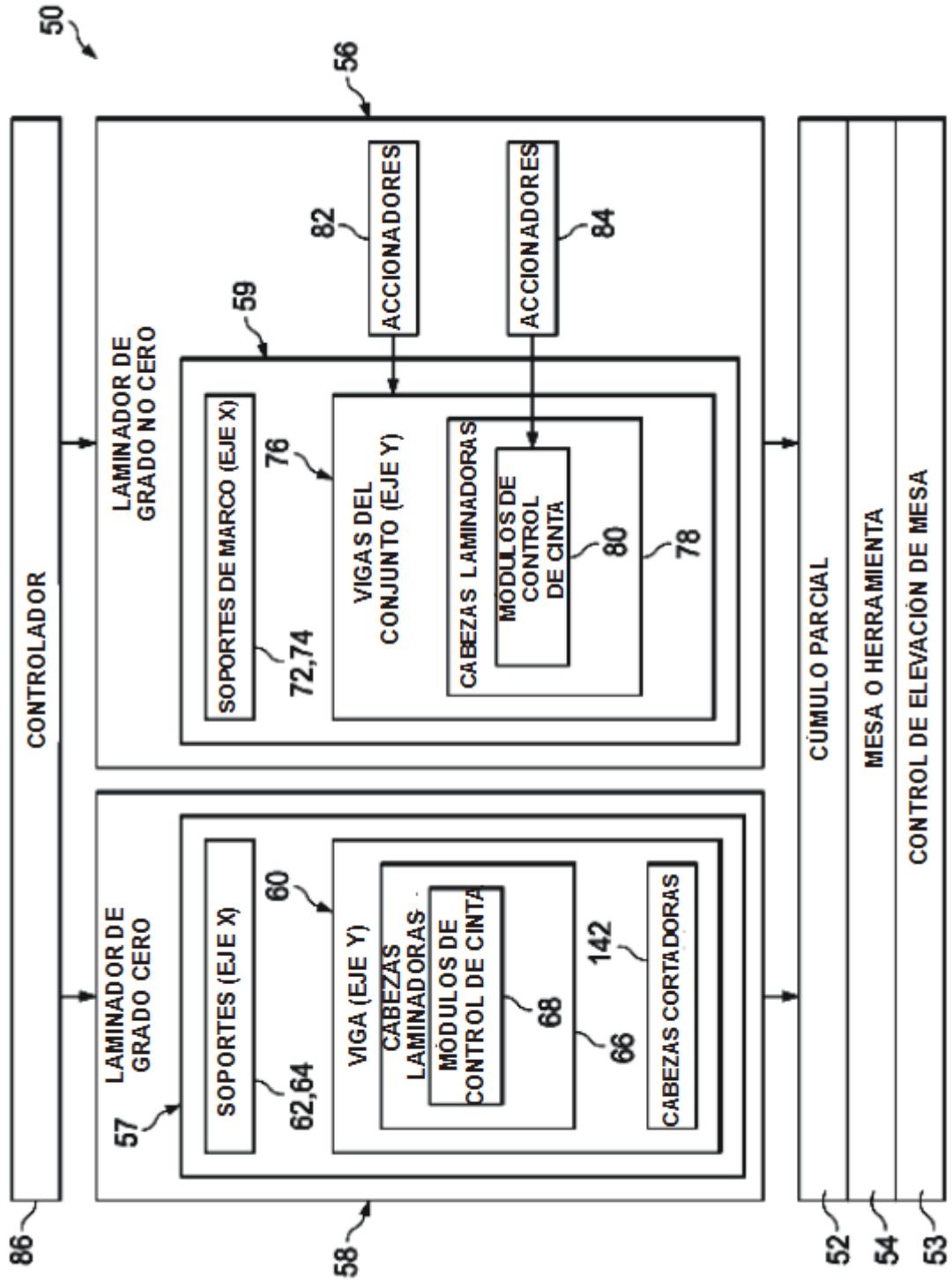
25 La descripción de las diferentes realizaciones ventajosas se ha presentado con propósitos de ilustración y descripción, y no pretenden ser exhaustivos o limitados a las realizaciones en la forma divulgada. Muchas modificaciones y variaciones serán evidentes para aquellos expertos en la técnica. Además, diferentes realizaciones ventajosas pueden suministrar diferentes ventajas según se comparan con otras realizaciones ventajosas. La realización o realizaciones seleccionadas son escogidas y descritas con el fin de explicar mejor los principios de las realizaciones, la aplicación práctica, y posibilitar a otros medianamente versados en la técnica a entender la divulgación para varias realizaciones con varias modificaciones en la medida en que son adecuadas para el uso particular contemplado.

30

REIVINDICACIONES

1. Aparato (50) para laminar cinta de material compuesto sobre un sustrato (54), que comprende:
Una laminadora (56) movable con relación al sustrato (54) a lo largo de un primer eje, la laminadora (56) que incluye primeros y segundos soportes (62, 64) separados y una viga (60) que se extiende a través del sustrato (54) a lo largo de un segundo eje;
5 Conexiones pivotantes entre la viga (60) y cada uno de los soportes (62, 64) para permitir un cambio en la orientación angular de la viga (60) con relación al primer eje; y
Al menos una cabeza (66) laminadora de cinta sobre la viga (60) para laminar cinta de material compuesto sobre el sustrato (54).
10 2. El aparato (50) de la reivindicación 1, en donde la laminadora (56) incluye una pluralidad de vigas (60) y una cabeza (66) laminadora de cinta sobre cada una de las vigas (60) para laminar cinta de material compuesto sobre el sustrato (54), y el aparato (50) comprende además:
Una pluralidad de conexiones pivotantes entre cada una de las vigas (60) y los soportes (62, 64) para permitir un cambio en la orientación angular de cada una de las vigas (60) con relación al primer eje
15 3. El aparato (50) de la reivindicación 1 o reivindicación 2, en donde los soportes (62, 64) son móviles independientemente uno del otro en una dirección sustancialmente paralela al primer eje.
4. El aparato (50) de cualquier reivindicación precedente, que comprende además una conexión deslizable entre la viga (60) y uno de los soportes (62, 64) para permitirle a la viga (60) deslizarse con relación a un soporte.
20 5. El aparato (50) de cualquier reivindicación precedente, en donde la cabeza (66) laminadora de cinta incluye:
una pluralidad de carros (108) montados para movimiento sustancialmente paralelo a lo largo de la viga (60);
al menos un módulo (80) de control de cinta sobre cada uno de los carros (108) para fijar una tira (132) de cinta de material compuesto sobre el sustrato (54);
25 y
medios para alinear en al menos un módulo (80) de control de cinta sobre cada uno de los carros (108) con relación a al menos un módulo (80) de control de cinta sobre otro de los carros (108) cuando la orientación angular de la viga (60) se cambia.
30 6. Un método de laminar cinta de material compuesto sobre un sustrato (54), que comprende:
mover relativamente la laminadora (56) de cinta y el sustrato (54) a lo largo de un eje;
35 mover un módulo (80) de control de cinta a lo largo de una viga (60) sobre la laminadora (56);
utilizar un módulo (80) de control de cinta para laminar al menos una tira (132) de cinta de material compuesto sobre el sustrato (54); y
cambiar la orientación angular de la viga (60) con relación al eje al mover relativamente dos soportes (62, 64) respectivamente sobre los extremos (104) de la viga (60) de tal manera que la viga (60) es pivotada.
40 7. El método de la reivindicación 6, en donde cambiar la orientación angular de la viga (60) con relación al eje incluye deslizar linealmente la viga (60) con relación a uno de los soportes (62, 64), y el método además comprende:
45 cambiar la posición de inicio del módulo (80) de control de cinta con base en el cambio de la orientación angular de la viga (60).

FIG. 1



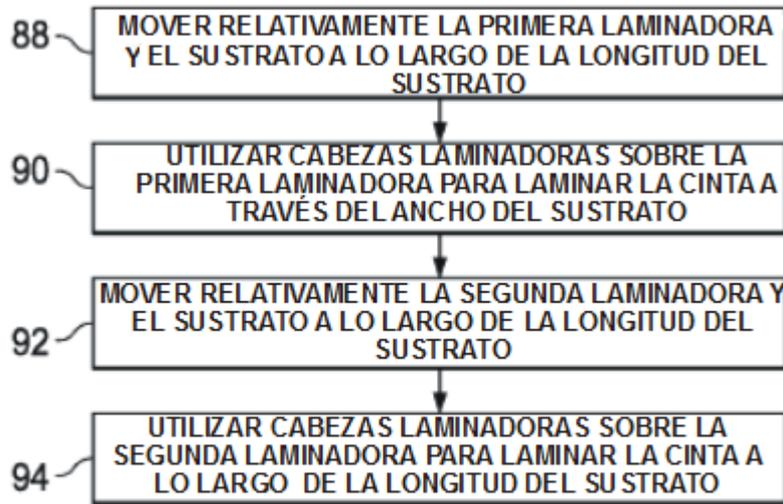
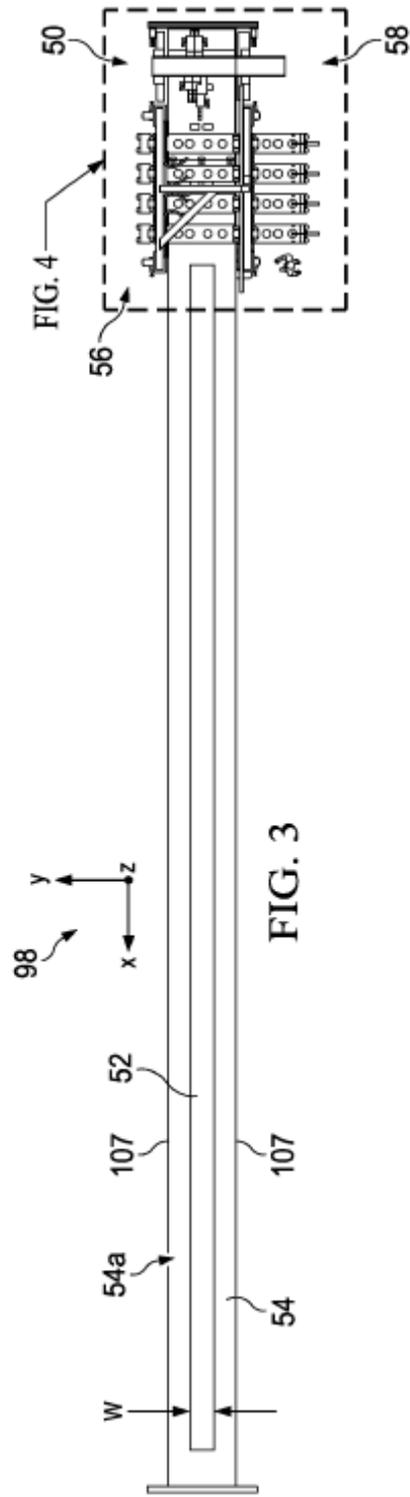
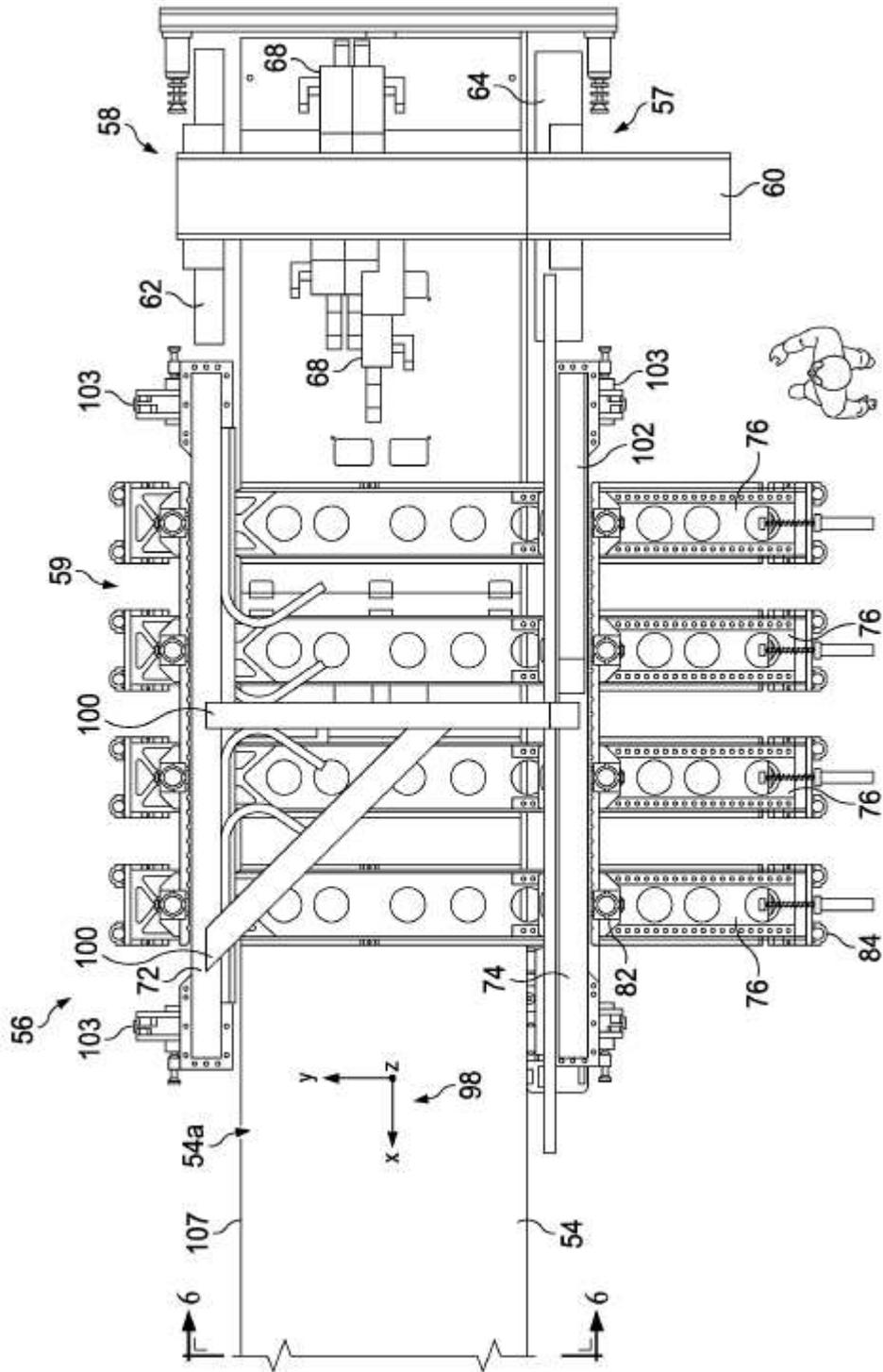
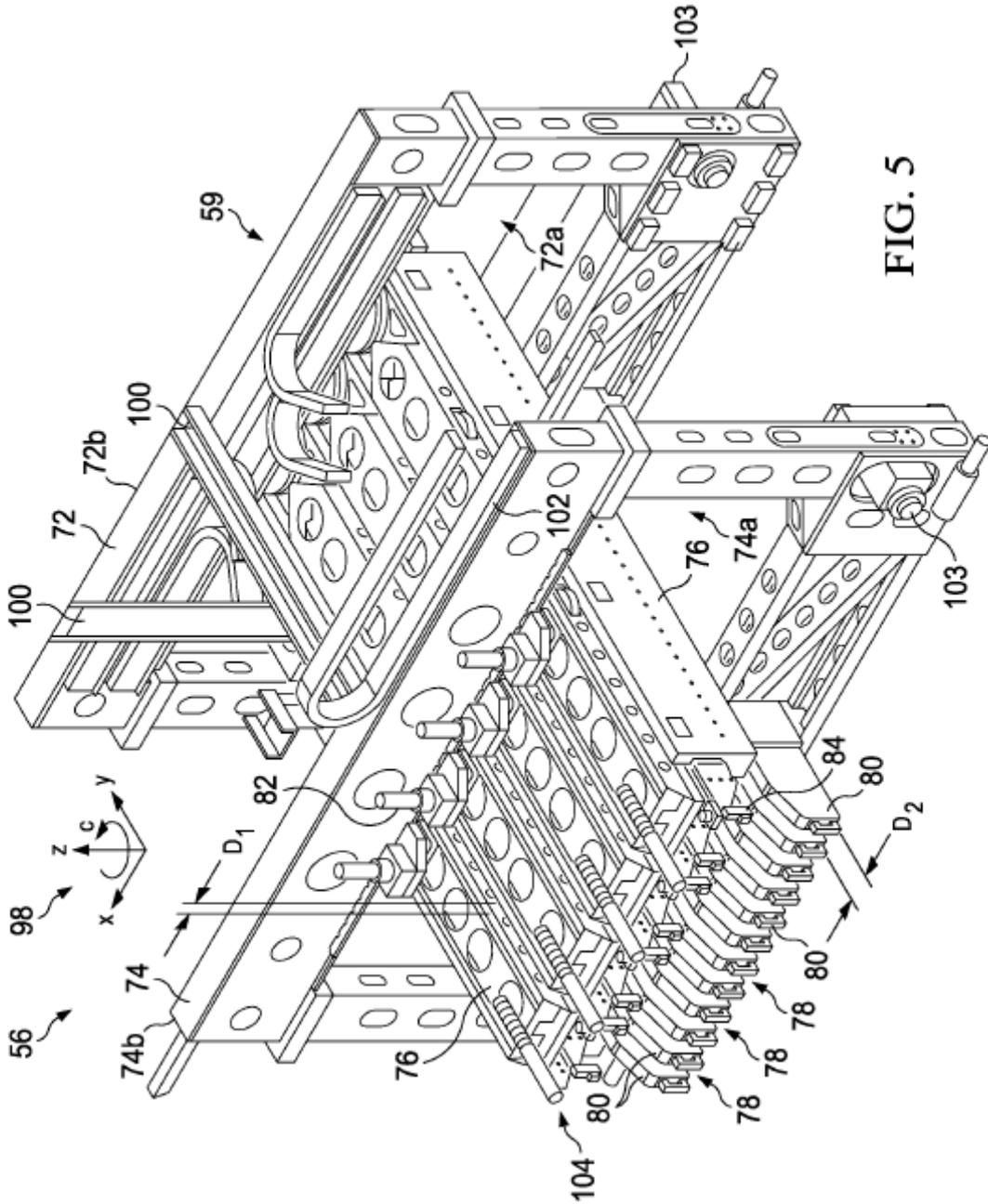


FIG. 2







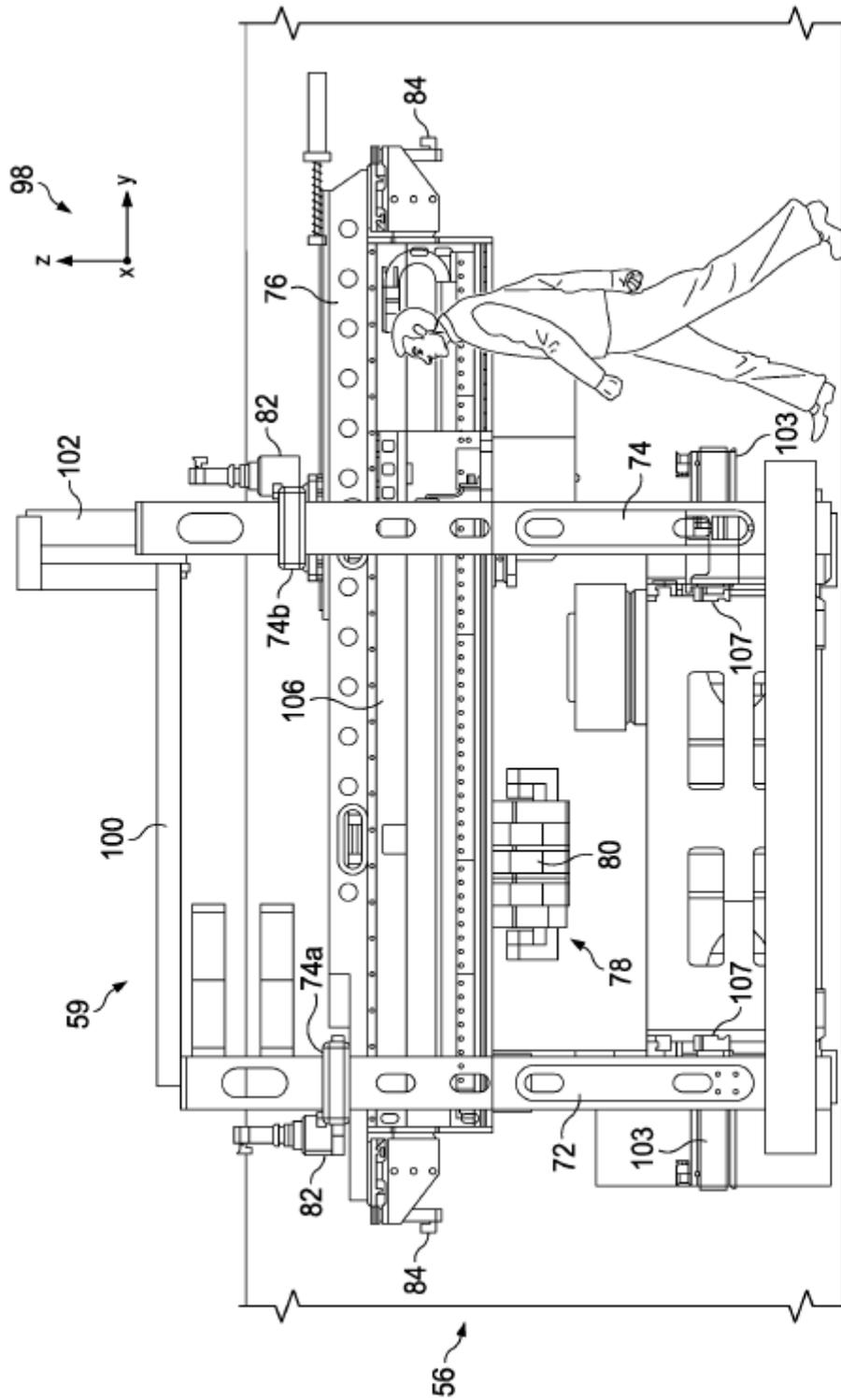


FIG. 6

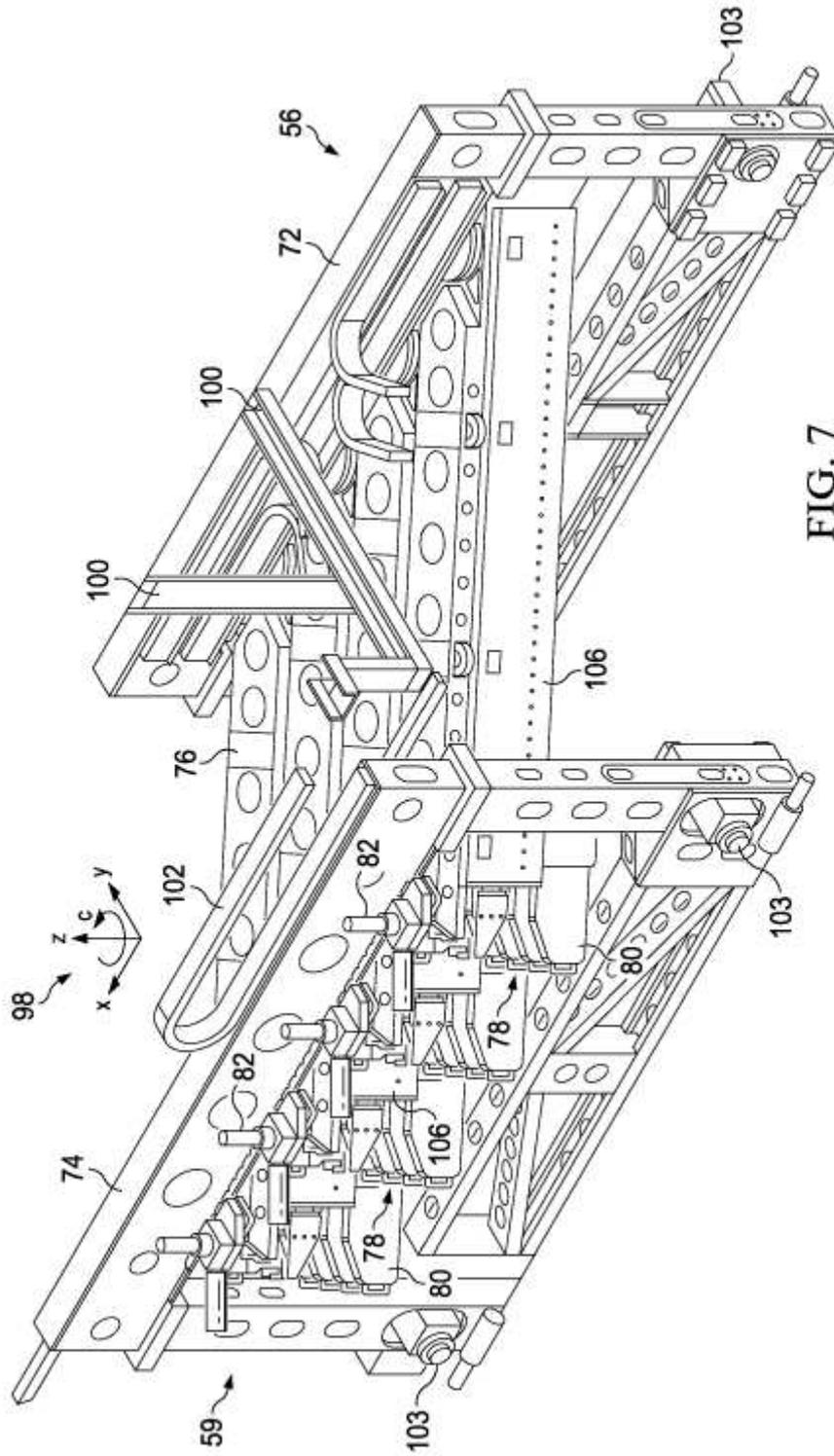
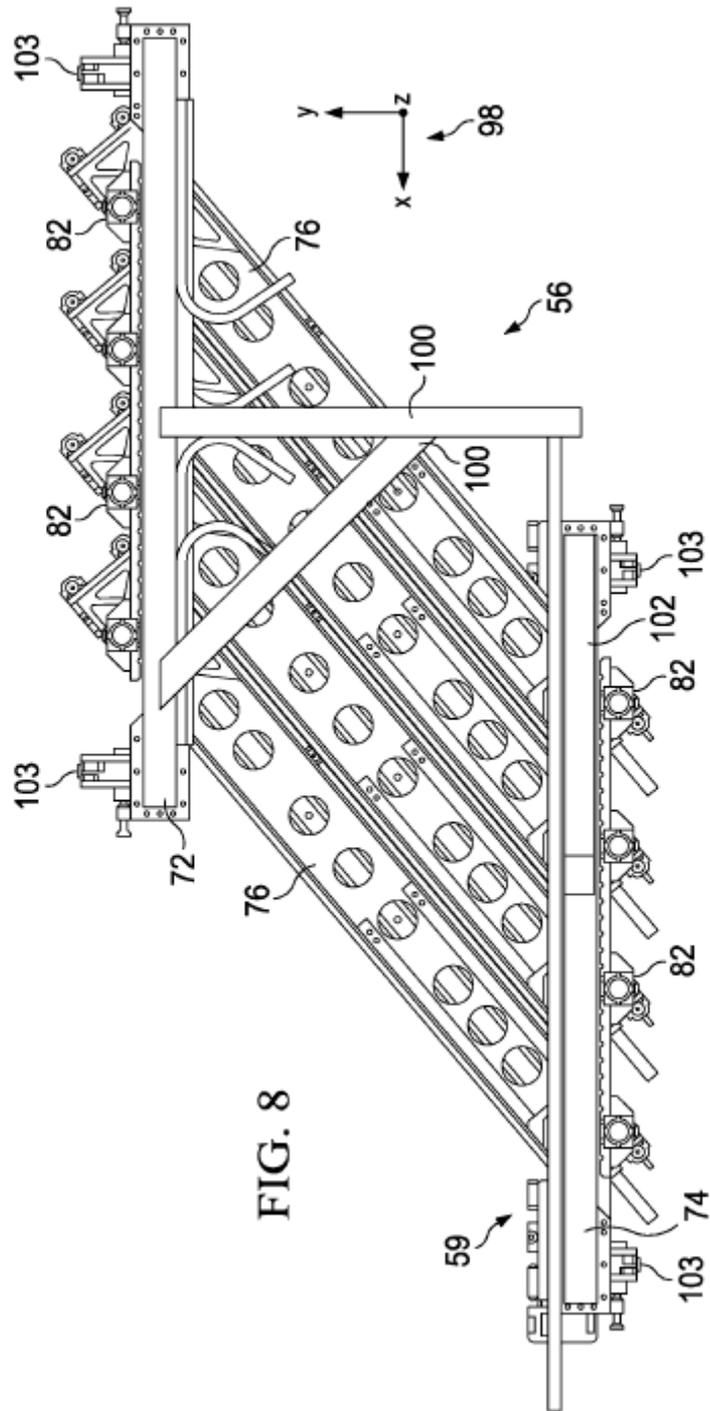
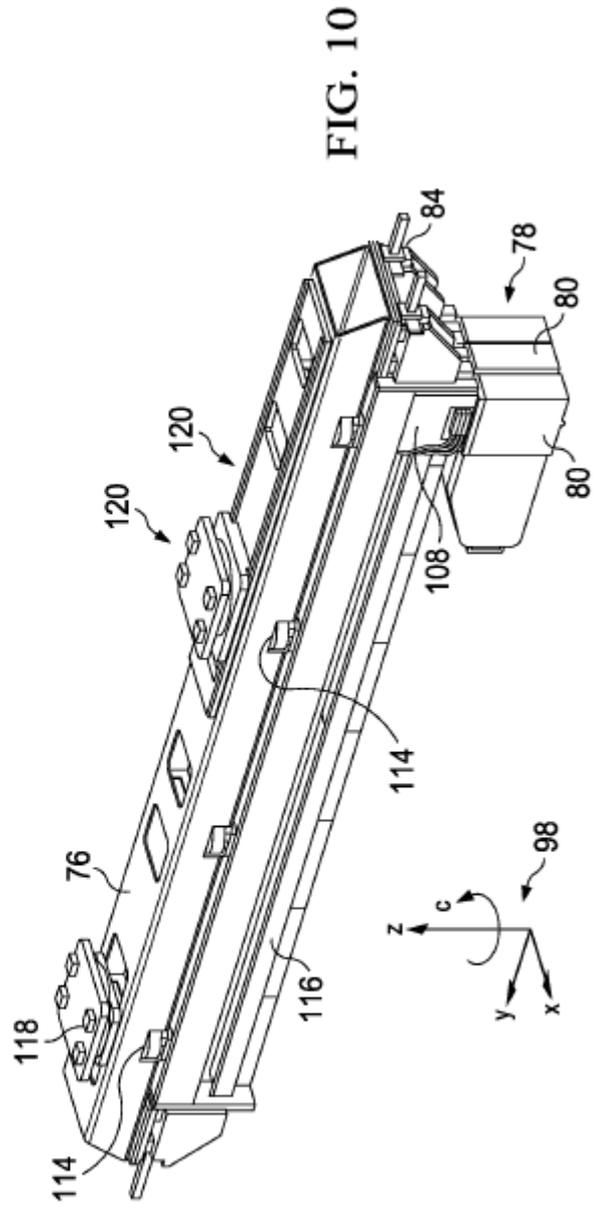
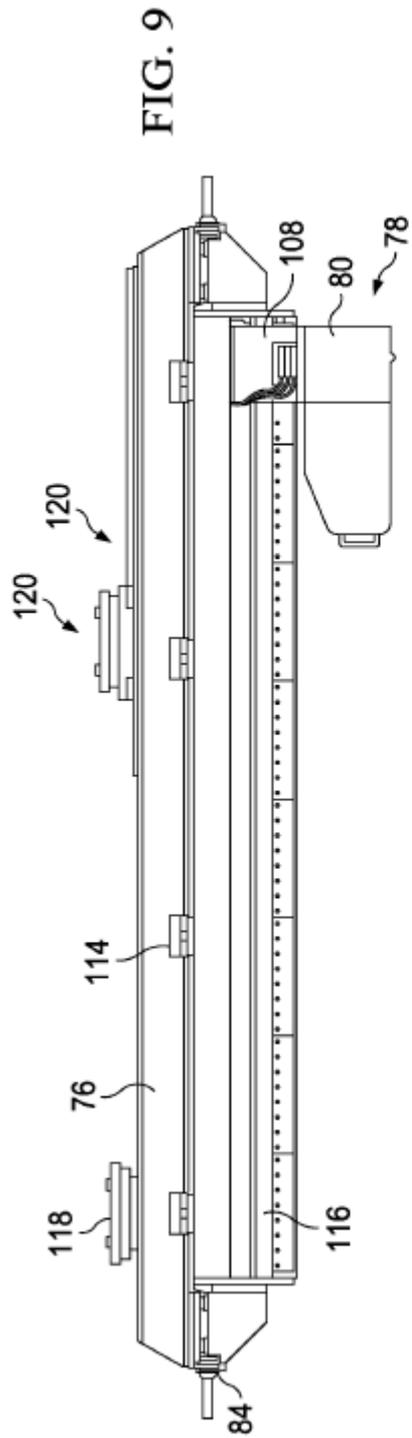
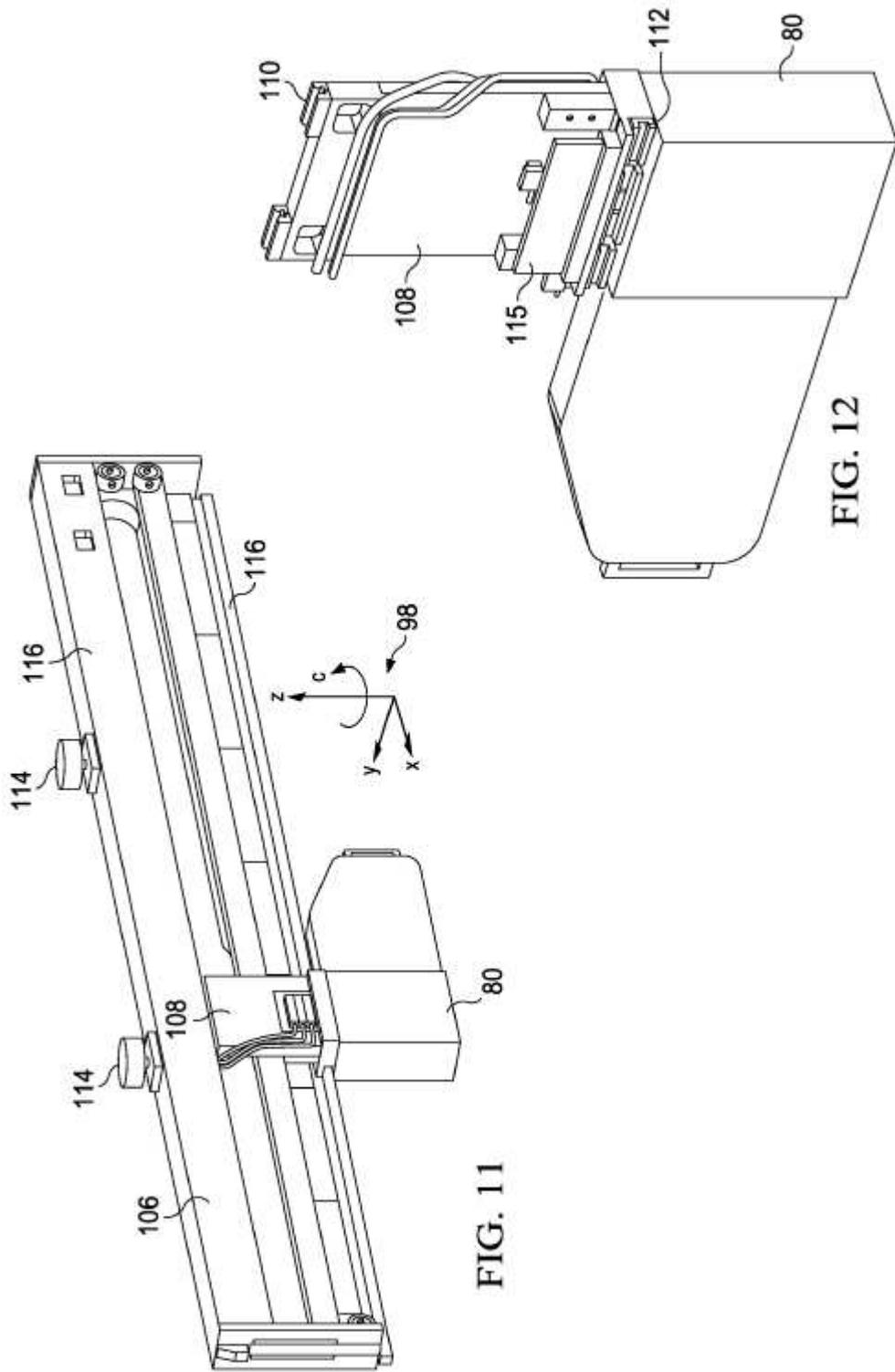


FIG. 7







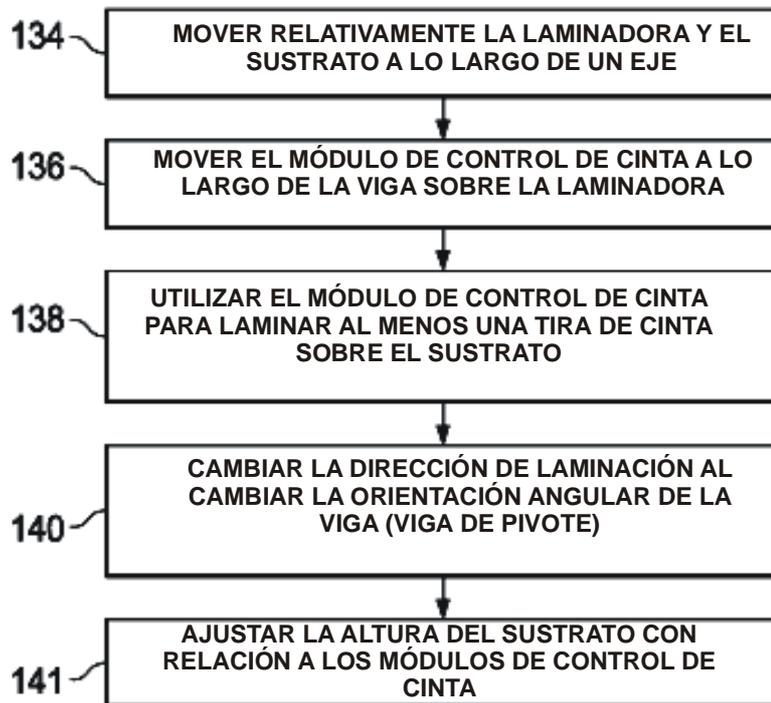
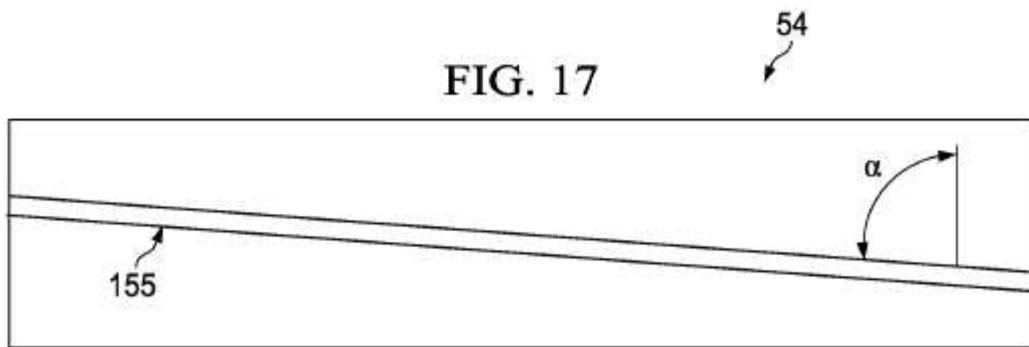
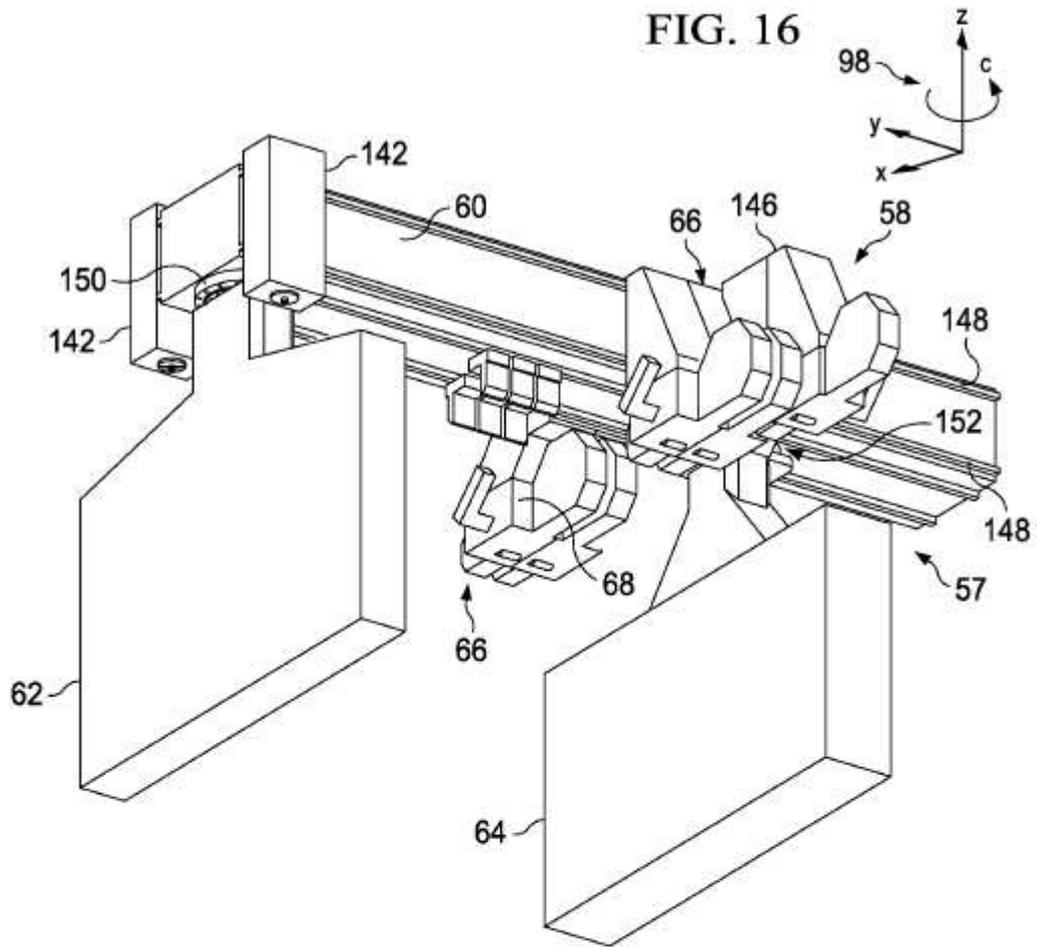
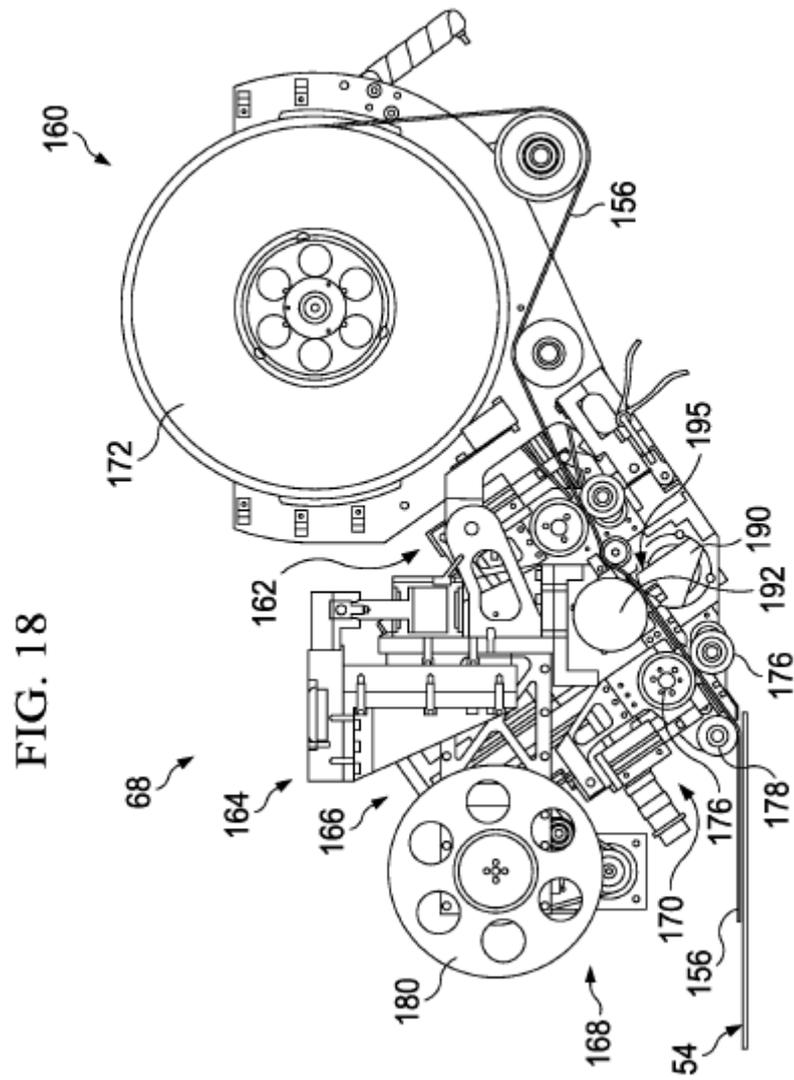
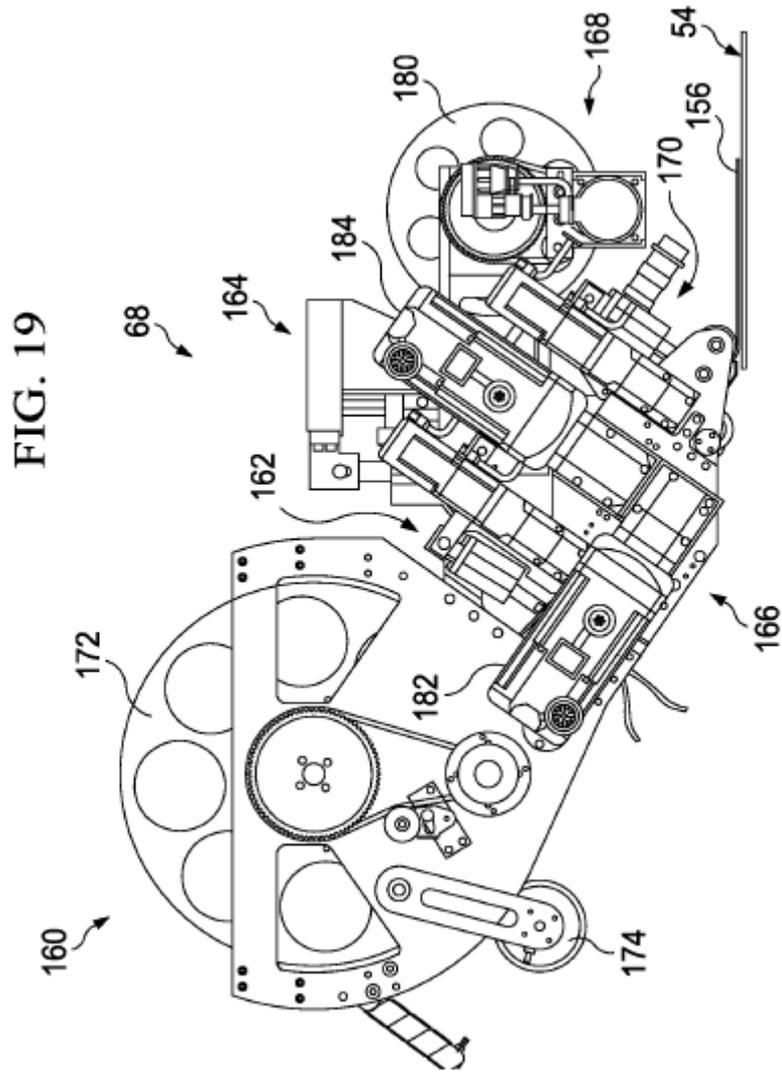


FIG. 14







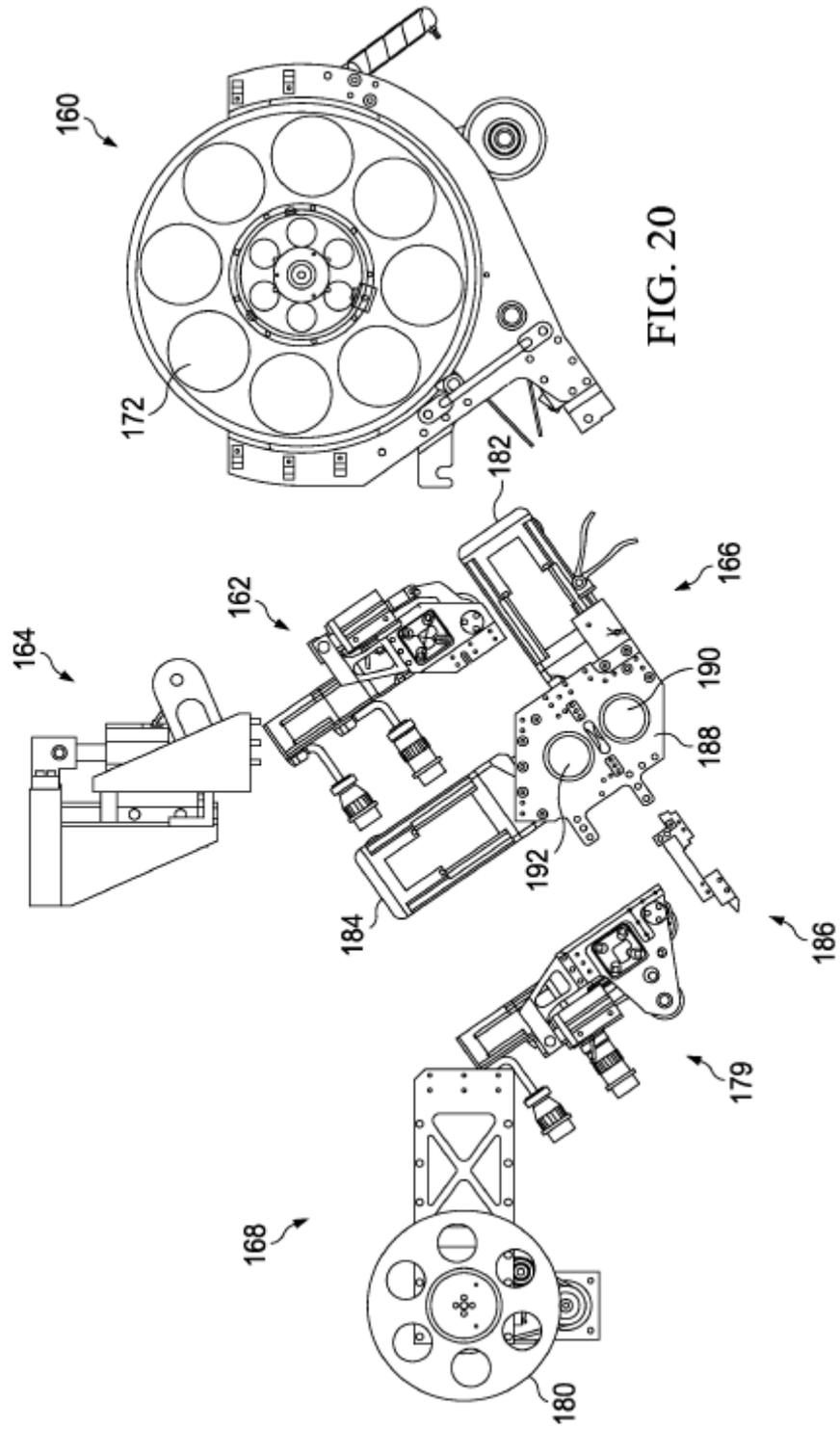
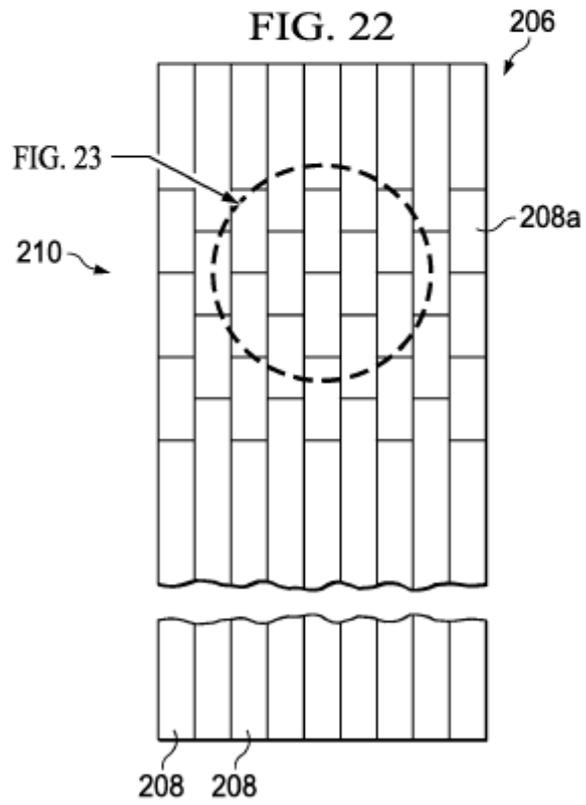
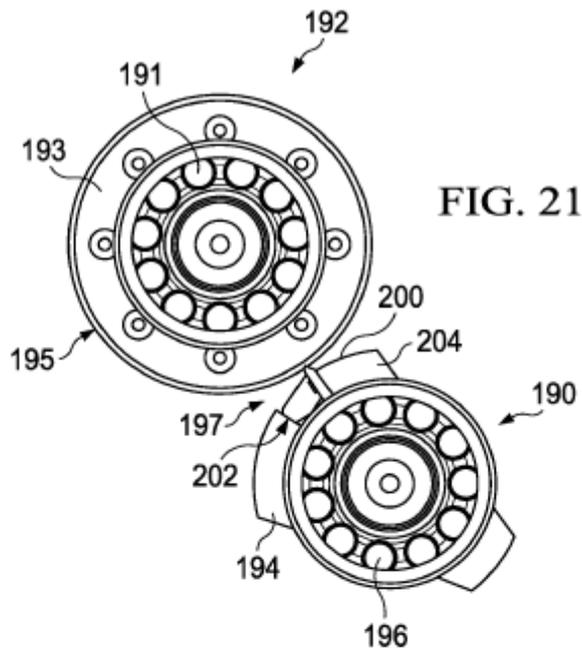


FIG. 20



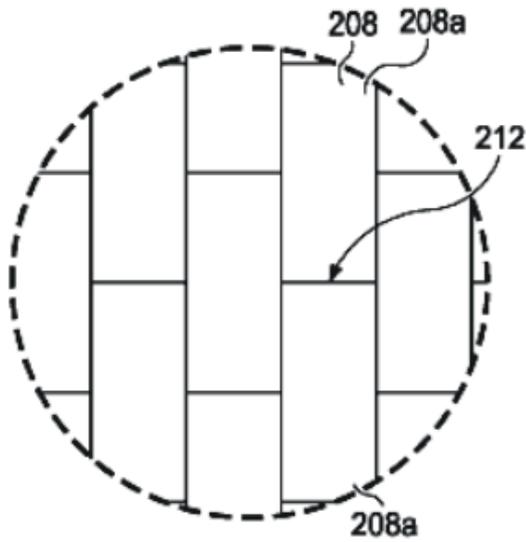


FIG. 23

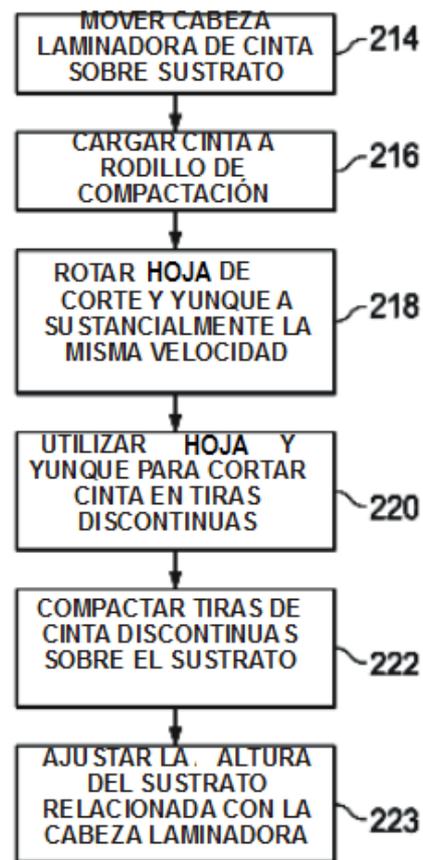
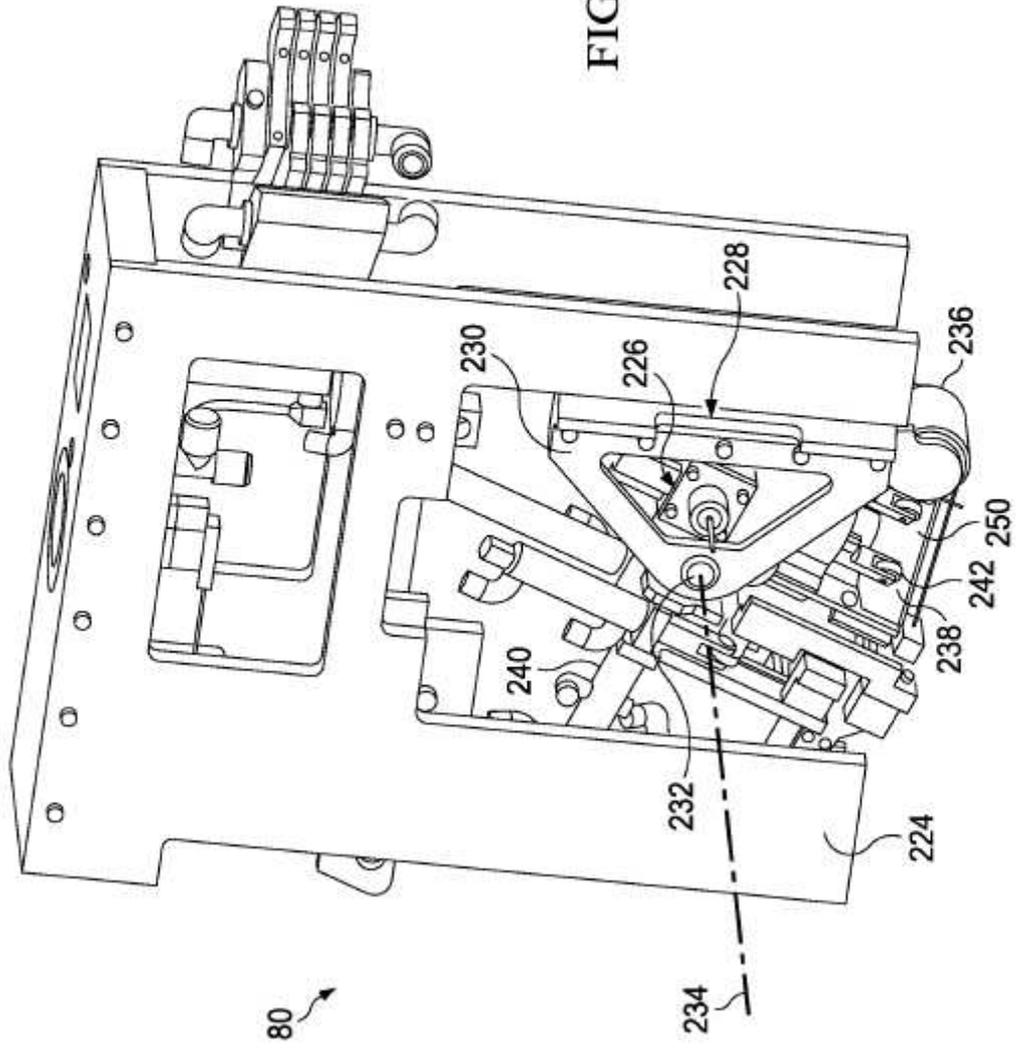


FIG. 24

FIG. 25



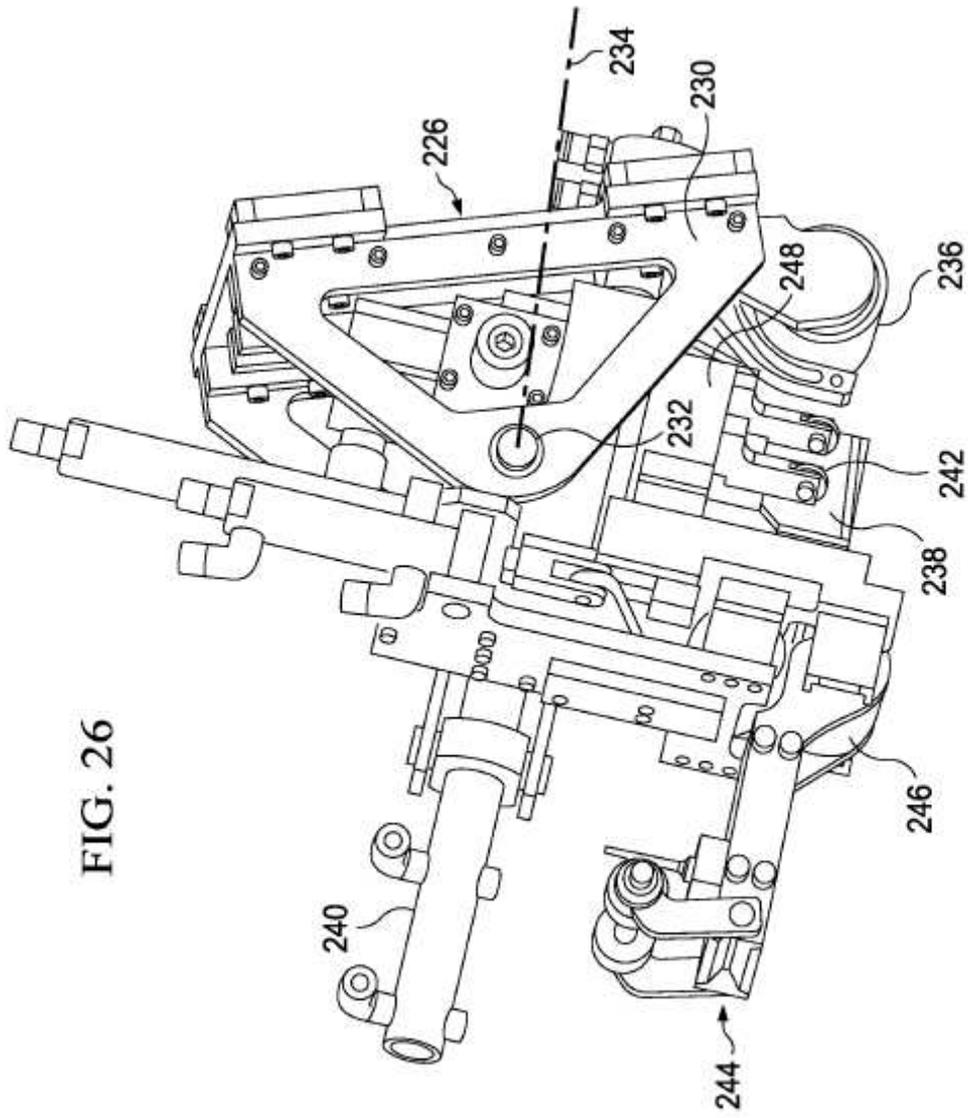


FIG. 26

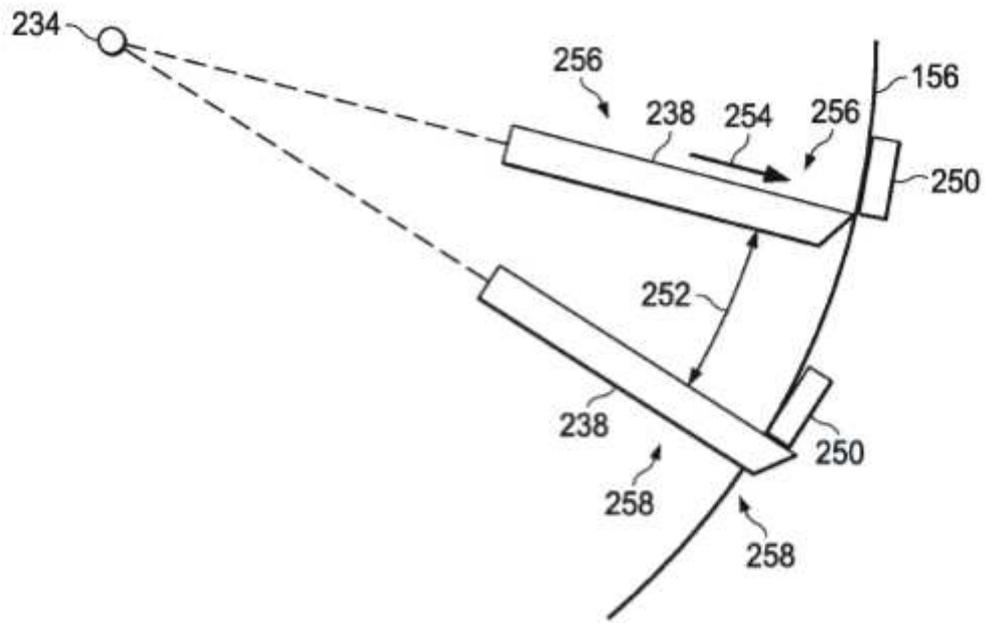


FIG. 27



FIG. 28

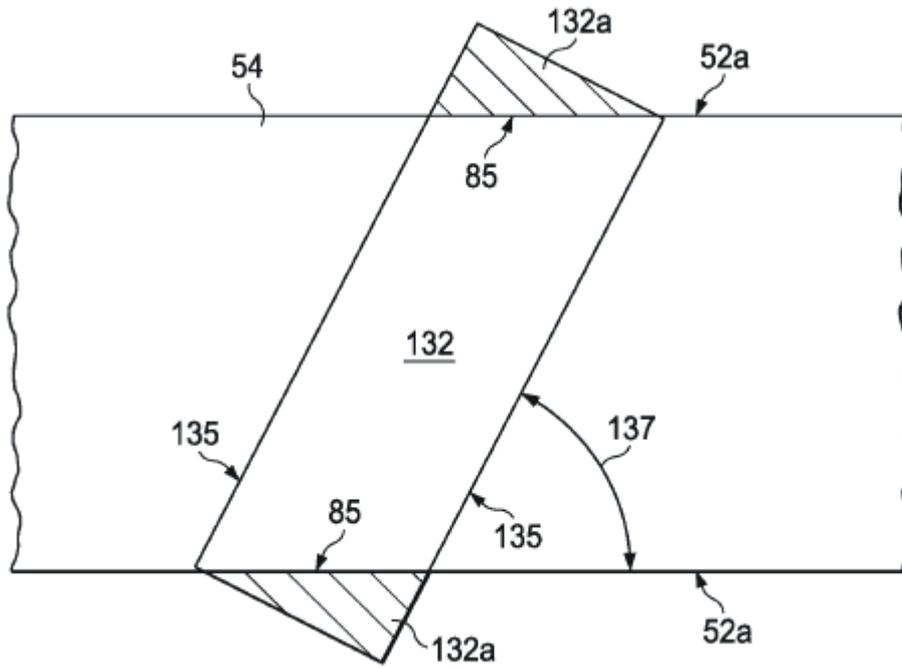


FIG. 29

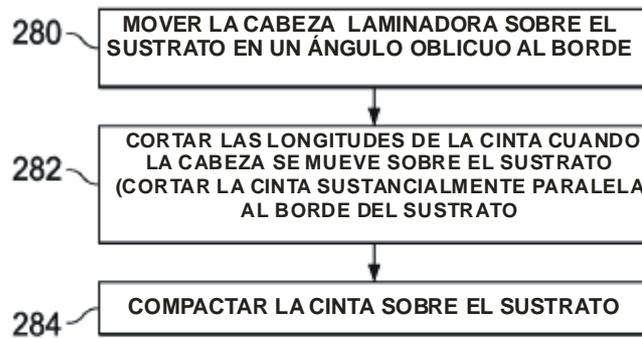


FIG. 30

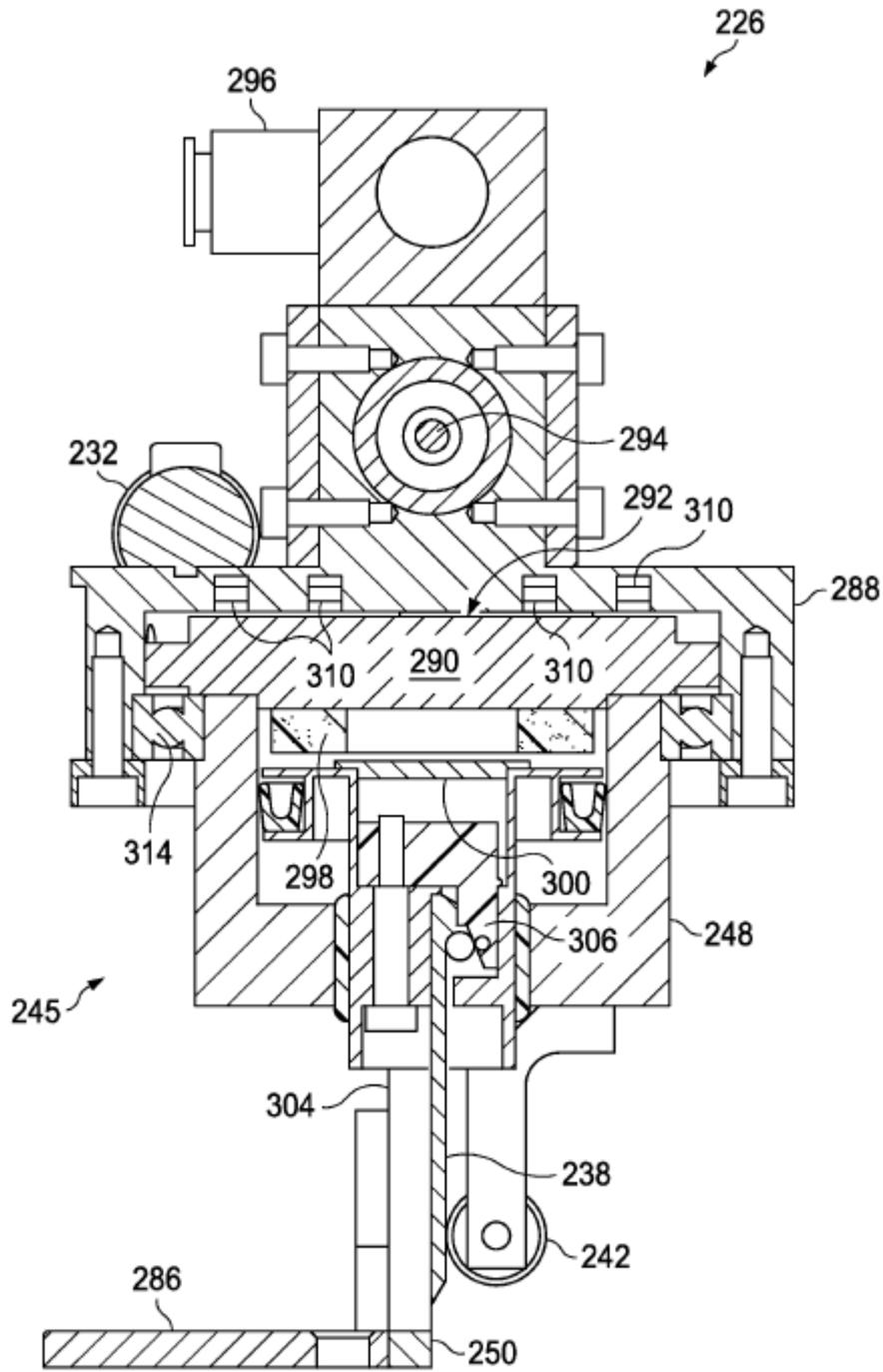


FIG. 32

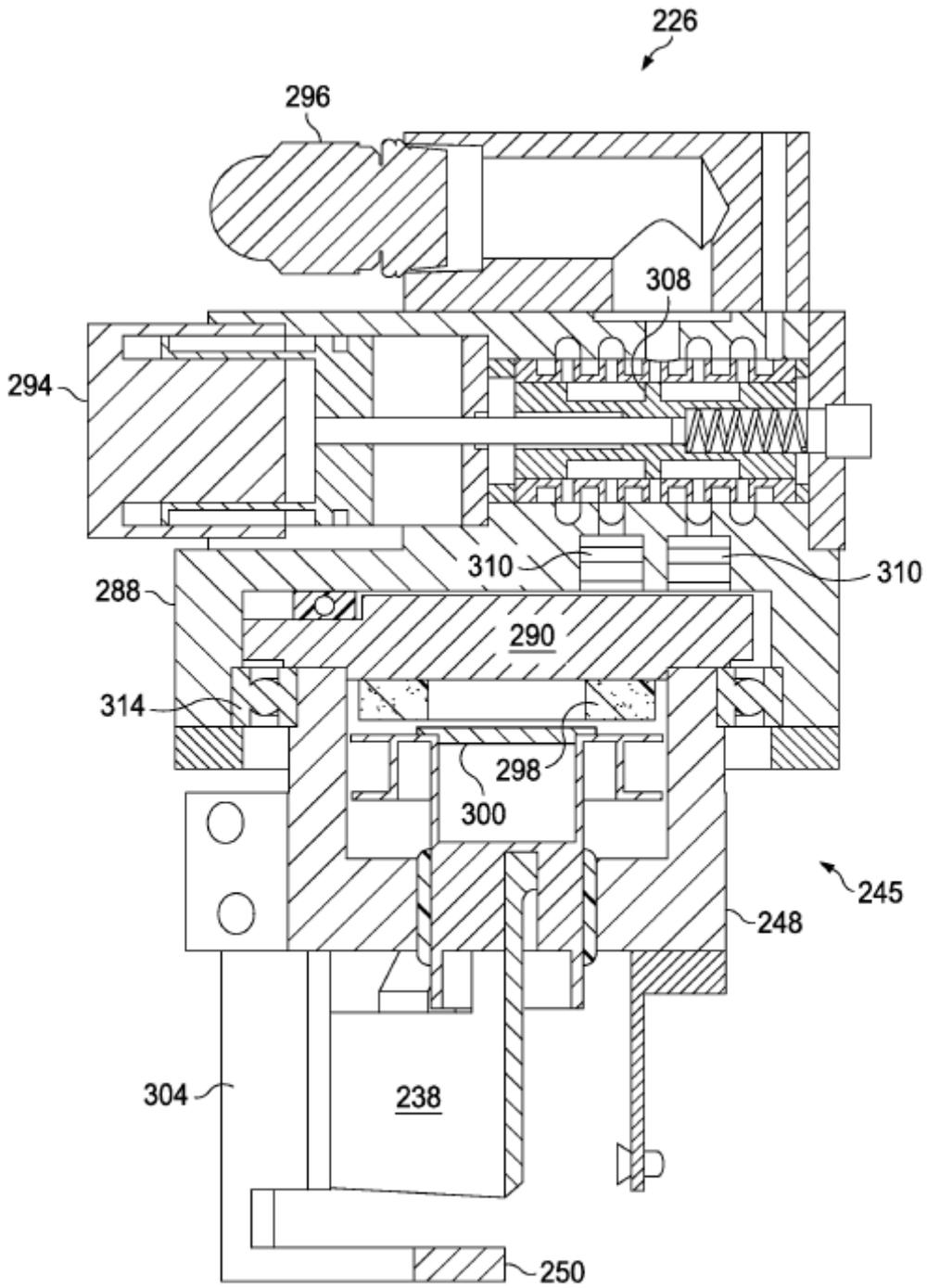


FIG. 33

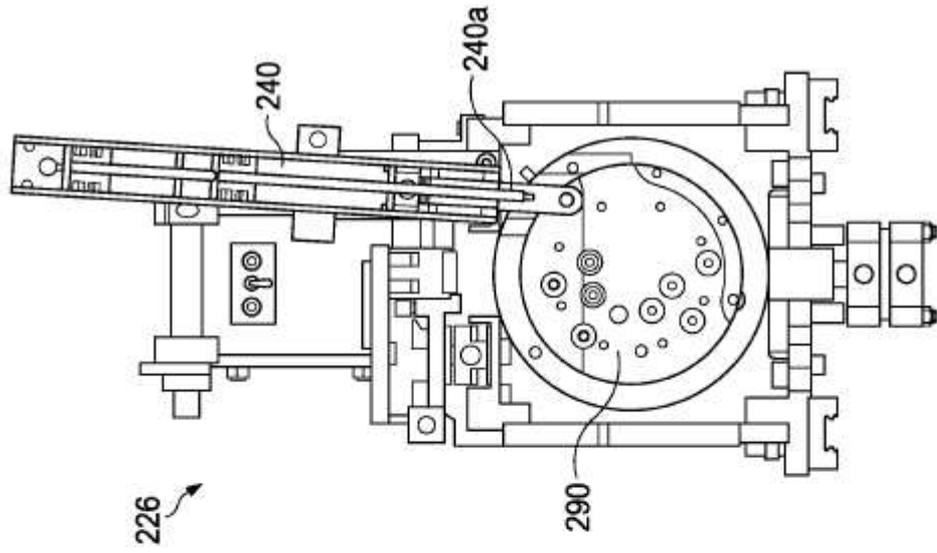


FIG. 35

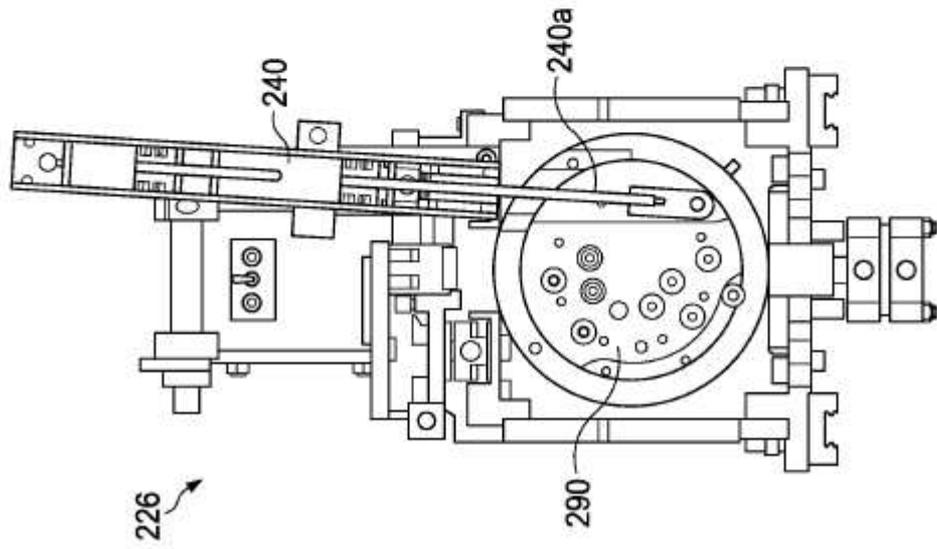


FIG. 34

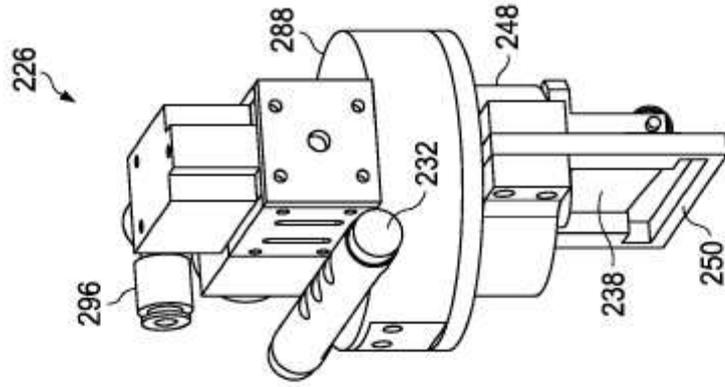


FIG. 36

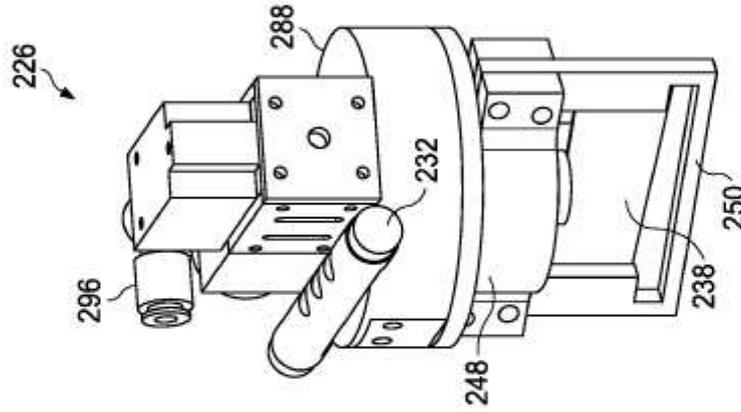


FIG. 37

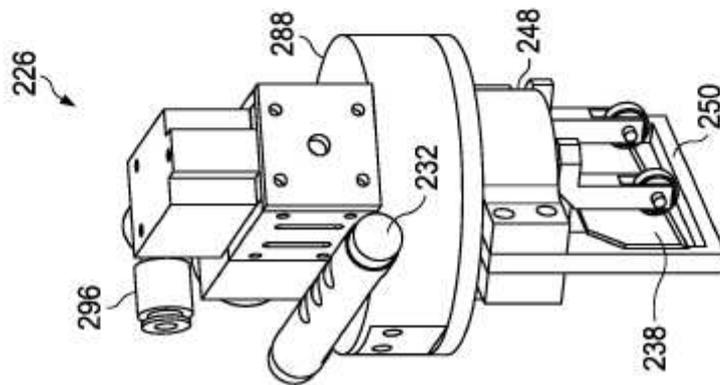


FIG. 38

FIG. 39

