

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 744 470**

51 Int. Cl.:

B29C 70/30 (2006.01)

B29C 70/34 (2006.01)

B29C 33/48 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **22.08.2011** **PCT/US2011/048697**

87 Fecha y número de publicación internacional: **29.03.2012** **WO12039870**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **22.08.2011** **E 11750052 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **05.06.2019** **EP 2618991**

54 Título: **Mandril de laminado que tiene una forma variable y método de uso del mismo**

30 Prioridad:

23.09.2010 US 888717

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

25.02.2020

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

PERLMAN, DAVID, L.

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 744 470 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

Mandril de laminado que tiene una forma variable y método de uso del mismo

Campo técnico

5 Esta descripción se refiere en general a un aparato de mecanizado y se refiere de manera más particular a un mandril que tiene una forma variable usada para formar piezas tales como laminados compuestos.

Antecedentes

10 Las piezas conformadas de material compuesto laminado pueden apilarse capa a capa sobre un útil denominado mandril. El mandril tiene una superficie de mecanizado que coincide sustancialmente con la pieza que funciona para conformar las capas a medida que se apilan y compactan sobre el mandril. En aquellos casos en los que la superficie de mecanizado está muy contorneada y el laminado está envuelto al menos parcialmente alrededor del mandril, el laminado puede quedar bloqueado en el mandril, dificultando la liberación y retirada del laminado.

15 Con el fin de facilitar la retirada del laminado, se han diseñado mandriles que se colapsan parcialmente o al menos se contraen lo suficiente como para cambiar la forma del mandril. Este cambio de forma crea un espacio entre la superficie de mecanizado y el laminado que es suficiente para "desbloquear" el laminado y permitir que este se retire del mandril.

20 El documento EP1767325 divulga un útil para hacer una estructura tubular compuesta, como el revestimiento interior de un forro acústico. El útil incluye una base sobre la que se monta una pluralidad de sectores, teniendo, cada uno, un panel exterior provisto de una superficie con una forma predeterminada. La superficie de forma predeterminada corresponde a una parte del contorno de la estructura tubular que se va a formar. Al menos uno de los sectores está fijo en relación con la base, mientras que los sectores restantes son móviles en dirección radial y se pueden separar de todos los demás sectores. Los sectores están provistos de cojinetes de aire para facilitar el movimiento a lo largo de una dirección radial. Se utilizan unas placas de empalme para formar una unión entre los paneles exteriores de los sectores adyacentes. Después de aplicar un material compuesto sobre los paneles exteriores, se forma una bolsa de vacío para rodear el material compuesto y también las áreas de unión en la superficie interna de la herramienta. Toda la herramienta se puede colocar en un autoclave de curado. La estructura tubular compuesta así formada se puede volver a montar en la herramienta para pegarla a láminas exteriores adicionales.

30 Un tipo conocido de mandril plegable requiere la inserción de un expansor en el interior del mandril. El expansor comprende bloques inclinados que se ensamblan con las paredes internas opuestas del mandril. La rotación manual de una varilla roscada que pasa a través de los bloques hace que los bloques se expandan y apliquen presión dirigida hacia el exterior sobre las paredes del mandril. Los bloques se utilizan para expandir ligeramente el mandril de modo que una porción del mandril, a veces denominada bloque de herramienta, se pueda retirar. Con el bloque de herramienta retirado, el mandril se colapsa parcialmente para crear el espacio necesario para liberar el laminado.

35 El uso del expansor descrito anteriormente puede tener varias desventajas. Por ejemplo, el expansor es relativamente pesado y difícil de manipular, lo que requiere al menos dos operadores para instalarlo y operarlo. Además, la instalación y retirada del expansor requiere mucho tiempo y su fiabilidad es inferior a la deseada.

Por consiguiente, existe la necesidad de un mandril de laminado que incluya un mecanismo para cambiar la forma del mandril con el fin de retirar un laminado de capas, que permita una liberación rápida del laminado, sea fácil de usar y reduzca su dependencia de la mano de obra manual.

Sumario

40 De acuerdo con la presente invención, se proporciona un mandril de laminado y un método para apilar una pieza compuesta como se reivindica en las reivindicaciones adjuntas.

45 De acuerdo con las realizaciones divulgadas, un mandril de laminado incluye un dispositivo eléctrico, montado internamente, para cambiar la forma de la carcasa de un mandril sobre el que se puede formar un laminado. El dispositivo se utiliza para expandir la carcasa de modo que se pueda retirar una parte de la carcasa, permitiendo que la carcasa se colapse parcialmente. Este colapso parcial reduce las dimensiones del mandril, proporcionando el espacio necesario entre la carcasa y el laminado para liberar el laminado del mandril. En un ejemplo, el dispositivo incluye un accionador eléctrico y un varillaje que transmite la fuerza generada por el accionador a las paredes internas de la carcasa, haciendo que la pared interna se expanda ligeramente. El montaje interno del dispositivo dentro del mandril elimina la necesidad de instalar y retirar un expansor de mandril después de cada ciclo de laminado.

De acuerdo con una realización divulgada, se proporciona un mandril de laminado que comprende una carcasa que tiene una superficie de herramienta sobre la que se pueden apilar capas compuestas. El mandril además comprende un mecanismo de accionamiento acoplado a la carcasa para cambiar la forma de la carcasa. El mecanismo del accionador incluye un accionador eléctrico montado dentro de la carcasa y un varillaje acoplado entre el accionador y la carcasa para expandir la carcasa. El varillaje puede incluir un primer y un segundo par de bielas conectadas de manera pivotante que transmiten la fuerza generada por el accionador a las paredes de la carcasa del mandril, expandiendo las paredes de la pared interna hacia afuera. La carcasa incluye un hueco que se llena con un inserto extraíble. La expansión de las paredes de la carcasa permite retirar el inserto, tras lo cual se contraen las paredes de la carcasa, permitiendo que el laminado pueda retirarse del mandril.

- 5
- 10 El mandril está provisto de una forma variable. El mandril comprende una carcasa sobre la que se pueden apilar capas de material compuesto. La carcasa incluye un hueco en la misma en el que al menos una parte de la carcasa puede contraerse para cambiar la forma de la carcasa y liberar el laminado. El mandril además comprende un inserto extraíble para rellenar el hueco y un mecanismo, incluyendo un accionador, dentro de la carcasa para aumentar el tamaño del hueco y permitir que el inserto pueda retirarse de la carcasa. La carcasa incluye una superficie interior, y el mecanismo para aumentar el tamaño del hueco incluye un accionador y un varillaje que acopla el accionador a la superficie interior de la carcasa para expandir la carcasa.
- 15

De acuerdo con otra realización más, se proporciona un método de laminado de una pieza compuesta. El método comprende proporcionar un mandril que tiene una superficie exterior de la herramienta sobre la que se pueden apilar las capas compuestas y formar el laminado sobre el mandril apilando capas compuestas sobre la superficie de la herramienta. El método además comprende liberar el laminado del mandril, incluyendo el uso de un accionador para cambiar la forma del mandril. La liberación del laminado incluye el uso del accionador para expandir el mandril, retirar un inserto de un hueco en la superficie de la herramienta donde se está expandiendo el mandril y contraer el mandril después de que se haya retirado el inserto. La liberación del laminado también puede incluir bielas de expansión contra las superficies internas del mandril utilizando el accionador hasta que el mandril cambie de forma.

20

25 El método también puede incluir la colocación de una lámina de material compresible entre el laminado y la superficie exterior de la herramienta y comprimir la lámina a medida que el mandril cambia de forma.

El método cambia la forma del mandril. El método comprende el uso de un accionador para generar una fuerza y el uso de bielas para aplicar la fuerza generada en los laterales del mandril. El uso del accionador para generar la fuerza puede incluir presurizar un cilindro neumático dentro del mandril para desplazar un extremo de las bielas. El uso de las bielas para aplicar la fuerza puede incluir el uso del otro extremo de las bielas para ensamblarse a los laterales del mandril.

30

Breve descripción de las ilustraciones

La FIG. 1 es una ilustración de un diagrama de bloques funcional de un mandril que tiene un dispositivo para cambiar la forma del mandril.

- 35 La FIG. 2 es una ilustración de una vista en sección del mandril mostrado en la FIG. 1, que también representa un controlador.

La FIG. 3 es una ilustración de una vista en perspectiva del mandril mostrado en la FIG. 2, el laminado y las partes internas del mandril no se muestran para una mayor claridad.

- 40 La FIG. 4 es una ilustración de una vista ampliada en sección transversal del área designada como FIG. 4 en la FIG. 2.

La FIG. 5 es una ilustración de una vista en perspectiva de un inserto que forma parte de la carcasa del mandril que se muestra en las FIGS. 2 y 3.

La FIG. 6 es una ilustración de una vista lateral de una forma alternativa del accionador.

- 45 La FIG. 7 es una ilustración similar a la de la FIG. 2, en donde el accionador se desactiva y el inserto llena un hueco de la carcasa del mandril.

La FIG. 8 es una ilustración similar a la de FIG. 7, pero que muestra que el accionador se ha activado y los lados de la carcasa del mandril se han expandido para permitir la retirada del inserto.

La FIG. 9 es una ilustración similar a la de FIG. 8, pero que muestra que se ha retirado el inserto mientras el accionador permanece activado y la carcasa del mandril está expandida.

- 50 La FIG. 10 es una ilustración similar a la de FIG. 9, pero que muestra que el accionador se ha desactivado y la

carcasa se ha colapsado parcialmente.

La FIG. 11 es una ilustración de una vista en sección transversal de una carcasa alternativa de mandril que tiene una forma oval en sección transversal.

5 La FIG. 12 es una ilustración de una vista en sección transversal de otra carcasa de mandril que tiene una forma cuadrada en sección transversal.

La FIG. 13 es una ilustración de una combinación de vista esquemática y en sección transversal de una forma alternativa de mandril colapsable.

La FIG. 14 es una ilustración de un diagrama de flujo de un método de uso de un mandril que tiene una forma variable para apilar piezas compuestas.

10 La FIG. 15 es un diagrama de flujo de la metodología de producción y servicio de una aeronave.

La FIG. 16 es un diagrama de bloques de una aeronave.

Descripción detallada

15 En primer lugar, haciendo referencia a la figura 1, las realizaciones descritas se refieren a un aparato de mecanizado 20 que en términos generales comprende un mandril 22 sobre el que se puede formar un laminado 24, y un dispositivo 25 para cambiar la forma del mandril 22 con el fin de permitir la retirada del laminado 24. El dispositivo 25 incluye un accionador eléctrico 27 y un varillaje 26 que acopla mecánicamente el accionador 27 al mandril 22. Cuando se activa, el accionador 27 desplaza el varillaje 26 para ejercer una fuerza "F" sobre las paredes internas (no mostradas) del mandril 22, haciendo que el mandril 22 cambie de forma.

20 Ahora con referencia a las FIG. 2-5, el mandril 22 comprende una carcasa cilíndrica 28 formada de cualquier material adecuado. En una realización, la carcasa del mandril 28 está formada por un metal de resorte como el aluminio, sin embargo, son posibles otros materiales que puedan deformarse y volver a su forma original. La carcasa 28 tiene una superficie exterior, cilíndrica 30 de mecanizado sobre la que se pueden apilar múltiples capas 24a (FIG. 4) para formar un laminado 24 que se adapta a la superficie de mecanizado 30. Si bien se muestra que la carcasa 28 tiene una forma cilíndrica en la realización ilustrada, otras formas son posibles, tal y como se describirá con más detalle más adelante. La FIG. 2 muestra un laminado 24 que se ha formado completamente alrededor de la circunferencia de la carcasa 28, sin embargo, las capas 24a se pueden apilar sobre la superficie de mecanizado que solo cubre parcialmente la circunferencia de la carcasa 28.

30 La carcasa 28 del mandril incluye un hueco 35 que se extiende longitudinalmente a lo largo de su longitud, tal y como se muestra en la FIG. 3. Como se comentará más adelante, la presencia del hueco 35 permite que la carcasa 28 se colapse parcialmente dentro del hueco 35 para desbloquear y liberar un laminado 24 completado del mandril 22. El hueco 35 se llena con un inserto extraíble 36 que tiene una superficie exterior 36a de mecanizado contorneada para coincidir sustancialmente con la curvatura de la superficie 30 de mecanizado, formando efectivamente una extensión de la superficie de mecanizado cilíndrica 30 y manteniendo la forma deseada de la carcasa 28. El inserto 36, que en sección transversal tiene forma general de cuña, está retenido en el hueco 35 mediante un par de mordazas opuestas 38 unidas a o que forman parte integral de la carcasa 28. La fuerza de resorte de la carcasa 28 empuja las mandíbulas 38 la una hacia la otra, haciendo que las mordazas 38 se compriman y retengan el inserto 36 en posición. La superficie exterior 36a de mecanizado del inserto 36 permanece sustancialmente al mismo nivel que la superficie 30 de mecanizado durante el uso del mandril 22 para formar un laminado 24.

40 Tal como se ha mencionado anteriormente, el dispositivo 25 para cambiar la forma del mandril 22 comprende un varillaje 26 operado por un accionador 27. En la realización ilustrada, solo se muestra un único dispositivo 25, sin embargo, cuando la pared interna del mandril 28 es alargada, como se muestra en la FIG. 3, podría ser necesario emplear una multitud de dichos dispositivos 25 a lo largo de la longitud del mandril 22 que se operan de manera concertada entre sí para cambiar la forma de la carcasa 28 sustancialmente a lo largo de toda su longitud. El accionador 27 está montado sobre una base fija 44 asegurada a un soporte interno 56 dentro de la carcasa 28. El accionador 27 puede comprender, por ejemplo y sin limitaciones, un cilindro 29 accionado por un fluido que tiene un pistón interno (no mostrado) conectado a un eje de salida 52. El fluido puede comprender aire, fluido hidráulico u otro fluido adecuado, controlado por un controlador de fluido 54 que presuriza el cilindro 29 con el fluido. En una realización, el accionador 27 comprende un cilindro de "tipo panqueque" accionado neumáticamente.

50 El varillaje 26 comprende un primer par de bielas alargadas 48 que tienen, cada una, un extremo 48a de la misma acoplado al eje de salida 52 por medio de una conexión giratoria 50. Los extremos opuestos 48b de las bielas 48 están acoplados respectivamente de manera pivotante a un extremo 40a de un segundo par de bielas alargadas 40

por medio de conexiones pivotantes 46. Los otros extremos 40b de las bielas 40 están conectados de manera pivotante a la base 44 por medio de conexiones pivotantes 42.

Cuando el accionador 27 está activado, el desplazamiento lineal del eje de salida 52 hace que las bielas 48 giren alrededor de la conexión pivotante 50 y se muevan lateralmente hacia afuera, como lo muestran las flechas 41, en una dirección transversal al movimiento lineal del eje 52, hasta que los extremos 48a de las bielas 48 entren en contacto y apliquen fuerza contra la pared interna 60 de la carcasa 28 en un área de contacto 45. Las bielas 40 reaccionan una fracción de la fuerza generada por el accionador 27, girando alrededor de las conexiones pivotantes 42 y funcionan para guiar el movimiento de las bielas 48 con el fin de restringir dicho movimiento a un movimiento sustancialmente lateral hacia la pared interna 60 de la carcasa. Las flechas 43 indican la dirección del movimiento de las bielas 48 cuando el accionador 27 está desactivado. Tal como se comentará a continuación con más detalle, la fuerza aplicada en la pared interna 60 de la carcasa del mandril 28 por las bielas 48 hace que la carcasa 28 se expanda ligeramente, aumentando así el tamaño del hueco 35 para que el inserto 36 pueda retirarse del mandril 22.

La FIG. 4 ilustra el uso de una lámina 32 de un material compresible tal como una película plástica adecuada que se puede usar para cubrir la superficie 30 de mecanizado, incluyendo la superficie superior 36a del inserto 36. Durante la expansión del mandril 28 en preparación para la retirada del inserto 36, la lámina 36 se puede comprimir ligeramente, por ejemplo, unas milésimas de pulgada, de modo que se transmita una fuerza mínima al laminado 24. La lámina compresible 32 puede reducir la posibilidad de que la expansión del mandril 22 altere la forma y/o las dimensiones del laminado 24 con respecto a las especificaciones deseadas.

La FIG. 5 ilustra detalles adicionales del inserto 36. En este ejemplo, el inserto 36 tiene una sección transversal en forma de cuña y comprende, además de la superficie 36a de mecanizado, dos lados opuestos 36b y dos lados adyacentes 36c. El inserto 36 puede tener otras formas de sección transversal, dependiendo del tamaño y de la forma del hueco 35 (FIG. 3), del contorno de la superficie 30 de mecanizado y de la configuración de las mordazas 38.

Si bien en la FIG. 2 se ilustra que se usa cilindro de fluido 29 como accionador 27, otros tipos de accionadores 27 son posibles. Por ejemplo y sin limitaciones, la FIG. 6 muestra un accionador 27 que comprende un motor eléctrico 31 que tiene un eje de salida 33 de transmisión de husillo que está acoplado de manera pivotante a las bielas 48 por la conexión de pivote 50. La rotación del eje 33 por el motor 31 desplaza linealmente la conexión de pivote 50, desplazando a su vez las bielas 48. También es posible emplear un recipiente de presión similar a una vejiga (no mostrado) que se puede presurizar para accionar las bielas 48 o aplicar presión directamente en las paredes internas 60 (FIG. 2) de la carcasa 28 para expandir la carcasa 28.

La FIG. 7 ilustra el accionador 27 en su estado desactivado en el que el eje de salida 52 se retira dentro del cilindro 29 y los extremos exteriores 48a de las bielas 48 se retiran hacia adentro alejándose para no estar en contacto en 58 con la pared interna 60 del mandril 28. En esta situación, la fuerza de resorte de la carcasa 28 se transmite a través de las mordazas 38 para comprimir y retener de ese modo el inserto 36 dentro del hueco 35. El hueco 35 tiene un ancho "W" cuando el inserto 36 está instalado. En la situación mostrada en la FIG. 7, el mandril está listo para que las capas (no mostradas) se apilen sobre la superficie 30 de mecanizado después de que se haya aplicado la lámina compresible 32 (FIG. 4) en la superficie 30 de mecanizado.

La FIG. 8 ilustra la situación del mandril 22 después de que se haya formado un laminado (no mostrado en la FIG. 8) sobre la superficie 30 de mecanizado del mandril y se desea retirar el laminado del mandril 22. El accionador 27 está activado, provocando que los extremos exteriores 48a de las bielas 48 se muevan hacia afuera para ensamblarse en 58 con la pared interna 60 de la carcasa 28. Tal como se ha mencionado anteriormente, la fuerza generada por el accionador 27 y transmitida a través de las bielas 48 hace que la carcasa 28 se expanda, aumentando así el tamaño del hueco 35 a una anchura "W1". El aumento del tamaño del hueco 35 a "W1" genera un espacio libre 64 entre las mordazas 38 y el inserto 36, lo que permite sacar el inserto 36 longitudinalmente del mandril 22. La FIG. 9 muestra el accionador 27 activado y que el inserto 36 se ha retirado ya sea manualmente o usando un equipo automatizado (no mostrado).

Aunque en la mayoría de los entornos de producción, el inserto 36 puede volver a instalarse en la carcasa 28 del mandril después de que se haya retirado el laminado 24, en algunas aplicaciones es posible que el inserto 36 no pueda volver a instalarse hasta un momento posterior. La FIG. 10 ilustra la situación del mandril 22 cuando se ha retirado el inserto 36 y se ha desactivado el accionador 27, permitiendo que la carcasa 28 se colapse o contraiga parcialmente de modo que el hueco 35 se reduzca a una anchura "W2" que es menor que la dimensión "W" (FIG. 7) cuando el inserto 36 está instalado.

Tal como se ha mencionado anteriormente, si bien se muestra una carcasa 28 con forma cilíndrica en las FIGS. 2, 3 y 7-10, otras formas son posibles. Por ejemplo, la FIG. 11 ilustra una carcasa 66 de mandril con forma ovalada que tiene un hueco 68 relleno con un inserto 36. La FIG. 12 ilustra una carcasa 70 de mandril con forma cuadrada que tiene un hueco 68 relleno con un inserto 36. Es posible una carcasa de mandril que tenga una forma cilíndrica

- ahusada (no mostrada). Asimismo, la pared interna del mandril puede presentar una combinación de formas, tal como una combinación de una forma cilíndrica y una forma esférica. Una variedad de otras formas poligonales es posible, tal como, sin limitaciones, de rombo, rectángulo, trapezoidal, de paralelogramos y otras. El inserto 36 puede colocarse en cualquiera de las diversas ubicaciones en la carcasa del mandril que no sea en la ubicación mostrada en la realización ilustrada. Además, en algunas realizaciones, el inserto 36 puede comprender dos o más piezas (no mostradas), en lugar de estar construido como una única pieza, como se muestra en las realizaciones ilustradas, mientras que, en otras realizaciones adicionales, se puede utilizar más de un inserto 36. También es posible emplear un inserto 36 que sea colapsable (no mostrado), lo que permitiría que la pared interna 28 se colapse, pero que podría no requerir que el inserto 36 sea retirado de la carcasa 28.
- La FIG. 13 ilustra otra realización de un mandril 72 que tiene una carcasa 74 de mandril que comprende dos mitades 74a, 74b conectados de forma pivotante entre sí por una bisagra 76. Las dos mitades del mandril 74a, 74b son empujadas y pivotan la una hacia la otra alrededor de la bisagra 76, como muestran las flechas 80 por medio de un resorte 78 acoplado entre las mitades de la carcasa 74a, 74b. En este ejemplo, el resorte 78 empuja las mordazas 38 la una hacia la otra para retener el inserto 36 durante el proceso de laminación. El varillaje 26 y el accionador 27 se utilizan para expandir la carcasa 74 superando la fuerza de empuje del resorte 78, haciendo que las mitades 74a, 74b pivoten ligeramente la una hacia la otra hasta que el inserto 36 se haya retirado. Con el inserto 36 retirado, el accionador 27 puede desactivarse, permitiendo que el resorte 78 retire las mordazas 38 hacia adentro, reduciendo así el tamaño de la carcasa 74 para que un laminado (no mostrado) se pueda retirar del mandril 72.
- La atención ahora se dirige a la FIG. 14 que ilustra las etapas de un método para usar el mandril expandible 22 descrito anteriormente para laminar una pieza compuesta (no mostrada). Comenzando en la etapa 86, se proporciona un mandril 22 y en la 88, el mandril 22 se expande para permitir la instalación del inserto en la etapa 90. En la etapa 92, el mandril 22 se contrae contra el inserto 36, reteniendo así el inserto 36 en su sitio de manera que forme parte de la superficie 30 de mecanizado de la carcasa 28 del mandril. A continuación, en la etapa 94, una lámina 32 de material compresible se envuelve sobre el mandril 22, tras lo cual las capas compuestas 24a (FIG. 4) se pueden apilar sobre la superficie 30 de mecanizado del mandril para formar el laminado 24 deseado. En la etapa 98, se apelmaza el laminado mediante cualquier proceso adecuado, como, sin limitaciones, un procesamiento con bolsas de vacío. Aunque no se muestra en las Figuras, es posible que el mandril 22 también se use como un mandril de curado, en cuyo caso, el laminado 24 se curaría mientras está en el mandril 22 utilizando un proceso y un equipo de curado adecuados (no mostrados) después del apelmazado en la etapa 98.
- En la etapa 100, después de apelmazar y/o curar, se cambia la forma del mandril 22 para permitir la retirada del laminado 24 del mandril 22. El cambio de forma del mandril 22 en 100 comienza con la activación del accionador 27 en 102, lo que resulta en la transmisión de la fuerza del accionador al varillaje 26 en 104. El varillaje se utiliza para ensamblarse con la pared 60 del mandril y aplicar sobre este una fuerza hacia fuera en 106, haciendo así que la pared interna del mandril 28 se expanda. En la etapa 108, con la pared de mandril 60 expandida, se puede retirar el inserto 36 en la etapa 108, tras lo cual la pared interna del mandril 28 puede contraerse en la etapa 110. Con la pared interna del mandril 28 contraída para cambiar las dimensiones del mandril 22, el laminado 24 puede retirarse del mandril 22 en la etapa 112.
- Con referencia a las FIGS. 15 y 16, las realizaciones de la divulgación pueden utilizarse en el contexto del método 114 de fabricación y servicio de una aeronave, tal y como se muestra en la FIG. 15, y de una aeronave 106, tal y como se muestra en la FIG. 16. Durante la producción previa, el método 114 ejemplar puede incluir la memoria técnica y el diseño 118 de la aeronave 116 y la adquisición de materiales 120. Durante la producción, se lleva a cabo la fabricación 122 de componentes y subconjuntos y la integración de sistemas 124 de la aeronave 116. Durante la producción, el mandril expandible 22 descrito puede emplearse para fabricar componentes utilizados en los procesos 122 y 124. Posteriormente, la aeronave 116 puede pasar el proceso de certificación y entrega 126 para así entrar en servicio 128. Mientras un cliente la tiene en servicio, la aeronave 116 puede someterse a un programa de mantenimiento y servicio 130 rutinarios (que también puede comprender modificaciones, reconfiguraciones, renovaciones y demás, en el que se usan partes y componentes fabricados según el método descrito y con el mandril expandible.
- Cada uno de los procesos del método 114 lo puede realizar o llevar a cabo un integrador de sistemas, un tercero y/o una operadora (por ejemplo, un cliente). A efectos de esta descripción, un integrador de sistemas puede incluir, sin limitaciones, cualquier número de fabricantes de aeronaves y subcontratistas de los sistemas principales; una tercera parte puede incluir, sin limitaciones, cualquier número de proveedores, subcontratistas y distribuidores; y una operadora puede ser una aerolínea, una empresa de alquiler, una institución militar, una empresa de servicios y así sucesivamente.
- Como se muestra en la FIG. 16, la aeronave 116 producida mediante el método ejemplar 114 puede incluir un fuselaje 132 con una pluralidad de sistemas 134 y un interior 136. Los ejemplos de los sistemas 134 de alto nivel incluyen uno o más de entre un sistema de propulsión 138, un sistema eléctrico 140, un sistema hidráulico 142 y un sistema de control ambiental 144. Puede incluirse cualquier número de otros sistemas. Aunque se muestra un ejemplo aeroespacial, los principios de la invención pueden aplicarse a otras industrias, tal como la industria del

automóvil.

- 5 Los aparatos y métodos aquí realizados pueden emplearse durante una cualquiera o más de las etapas del método 114 de producción y servicio. Por ejemplo, los componentes o subconjuntos correspondientes al proceso de producción 122 pueden fabricarse o manufacturarse de manera similar a los componentes o subconjuntos producidos mientras la aeronave 116 está en servicio. Además, una o más realizaciones del aparato pueden ser utilizadas durante las etapas de producción 122 y 124, por ejemplo, acelerando esencialmente el ensamblaje o reduciendo el coste de una aeronave 108. De manera similar, una o más realizaciones del aparato pueden ser utilizadas mientras la aeronave 116 está en servicio, por ejemplo y sin limitaciones, para el mantenimiento y servicio 130.

REIVINDICACIONES

1. Un mandril de laminado (22), que comprende:
una carcasa (28) que tiene una superficie (30) de mecanizado sobre la que se pueden apilar capas (24a) y un mecanismo accionador (27) acoplado a la carcasa (28) para cambiar la forma de la carcasa, **caracterizado por** que la carcasa incluye un hueco (35) y un inserto extraíble (36) para llenar el hueco, permitiendo el hueco la contracción de la carcasa cuando se retira el inserto (36) para permitir la liberación de un laminado (24) formado sobre la carcasa (28).
2. El mandril de laminado según la reivindicación 1, en donde el mecanismo accionador (27) incluye:
un accionador eléctrico montado dentro de la carcasa (28) para producir una fuerza, y
un varillaje (26) acoplado entre el accionador (27) y la carcasa (28) para expandir la carcasa utilizando la fuerza producida por el accionador.
3. El mandril de laminado según la reivindicación 2, en donde:
el varillaje (26) incluye bielas (48) montadas dentro de la carcasa, pudiendo desplazarse las bielas lateralmente hasta acoplarse con la carcasa (28) para expandir la carcasa, y
el accionador (27) incluye una salida (52) acoplada de manera impulsora a las bielas (48) y que puede desplazarse linealmente en una dirección generalmente transversal a la dirección de desplazamiento de las bielas.
4. El mandril de laminado según la reivindicación 2, en donde el accionador (27) es uno de:
un cilindro accionado neumáticamente,
un cilindro accionado hidráulicamente, y
un motor eléctrico (31).
5. El mandril de laminado según la reivindicación 2, en donde el varillaje incluye:
un primer par de bielas (48) que tienen, cada una, un primer y un segundo extremos, en donde los primeros extremos (48a) están acoplados al accionador (27), y
un segundo par de bielas (40) que tienen, cada una, un primer y un segundo extremos, estando los primeros extremos (40a) de las segundas bielas acoplados de manera pivotante a los segundos extremos (48b) de las primeras bielas, pudiéndose ensamblar los segundos extremos (40b) del segundo par de bielas con la carcasa para aplicar a la carcasa la fuerza generada por el accionador.
6. El mandril de laminado según la reivindicación 1, en donde:
al menos una parte de la carcasa es flexible en el área del hueco y tiene una fuerza de resorte que comprime la carcasa contra el inserto (36), y
el mecanismo accionador (27) incluye un varillaje (26) para expandir la carcasa liberando la fuerza de compresión contra el inserto (36) y permitir la extracción del inserto.
7. El mandril de laminado según la reivindicación 1, que además incluye:
un par de mordazas (38) en la carcasa (28) para sujetar el inserto (36).
8. El mandril de laminado según la reivindicación 1, en donde el inserto (36) tiene una sección transversal en forma general de cuña y una superficie (36a) que forma una extensión de la superficie de mecanizado de la carcasa.
9. Un método de laminado de una pieza compuesta, que comprende:
proporcionar un mandril (22) que tiene una superficie exterior (30) de mecanizado sobre la que se pueden apilar capas compuestas;
formar un laminado (24) sobre el mandril apilando capas compuestas sobre la superficie de mecanizado;
liberar el laminado del mandril, incluir el uso de un accionador para cambiar la forma del mandril, **caracterizado por que** el accionador expande el mandril;
y que además comprende:
retirar un inserto (36) de un hueco (35) en la superficie (30) de mecanizado cuando el mandril está expandido;
y
contraer el mandril después de haber retirado el inserto.

10. El método según la reivindicación 9, en donde la liberación del laminado (24) incluye bielas de expansión (48) contra una pared interna (60) del mandril (22).

11. El método según la reivindicación 10, en donde la liberación del laminado (24) incluye el uso de un accionador (27) para expandir las bielas (48) contra la superficie interior (60) del mandril hasta que el mandril cambie de forma.

5 12. El método según la reivindicación 9, que además comprende:

colocar una lámina (32) de material compresible entre el laminado (24) y la superficie exterior (30) de mecanizado, y
comprimir la lámina a medida que el mandril cambia de forma.

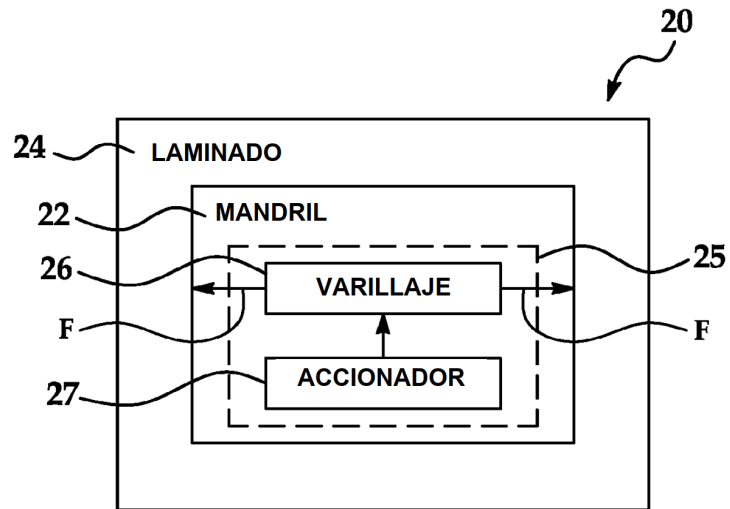


FIG. 1

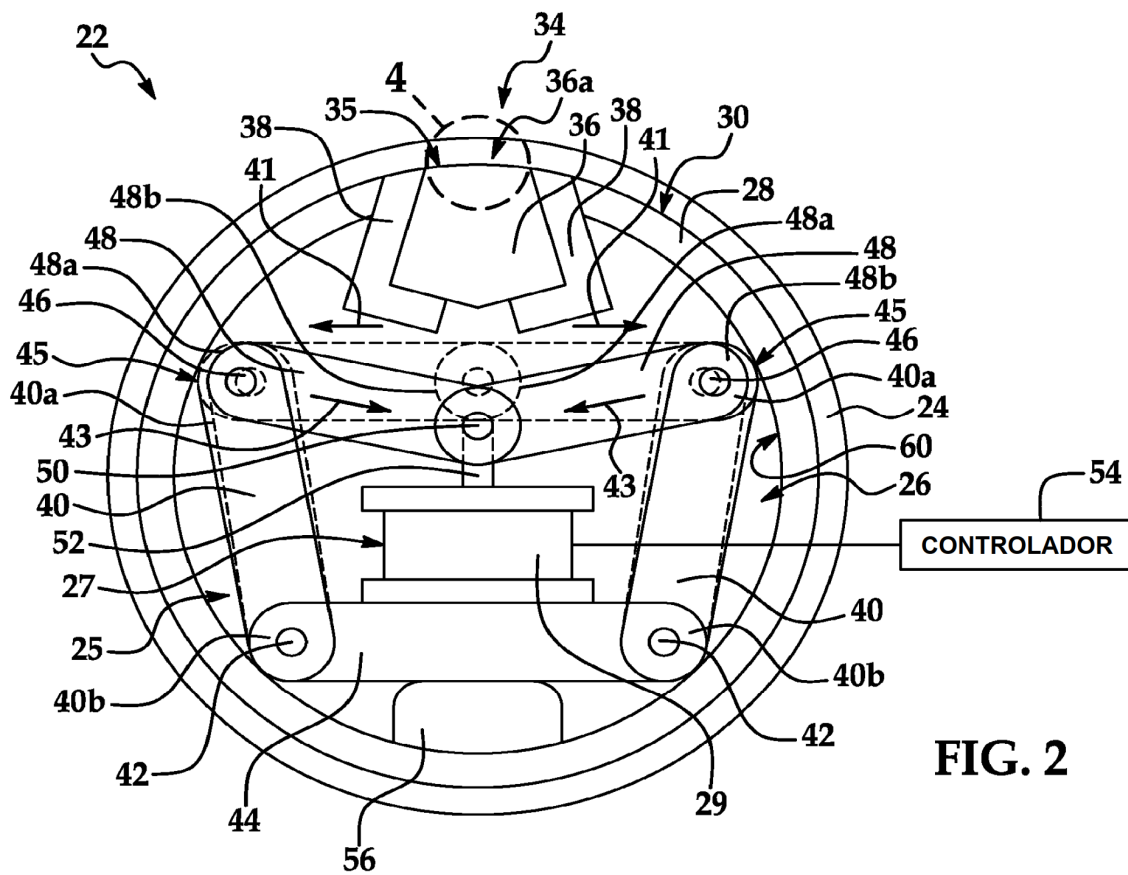
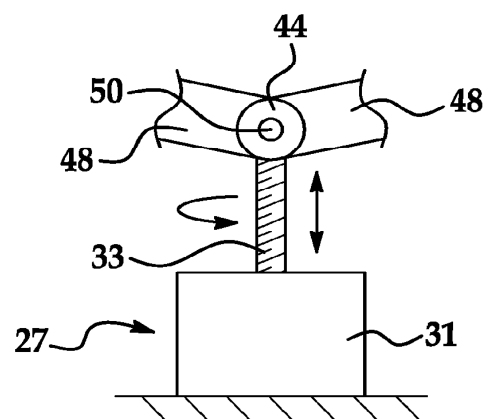
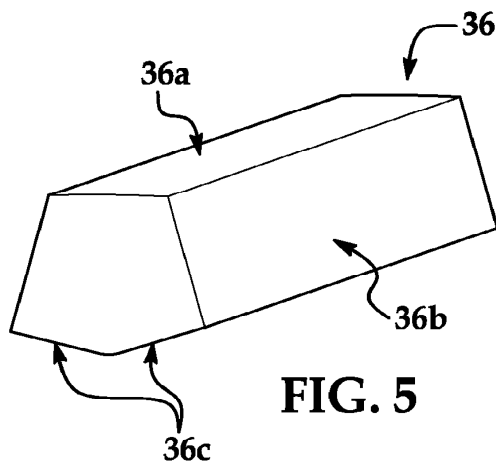
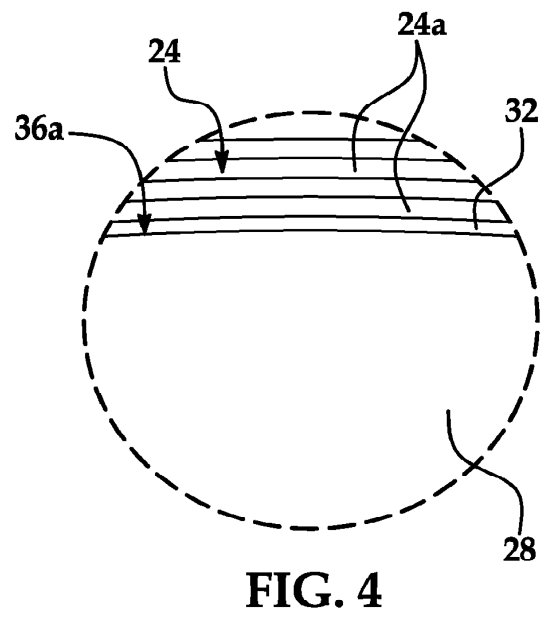
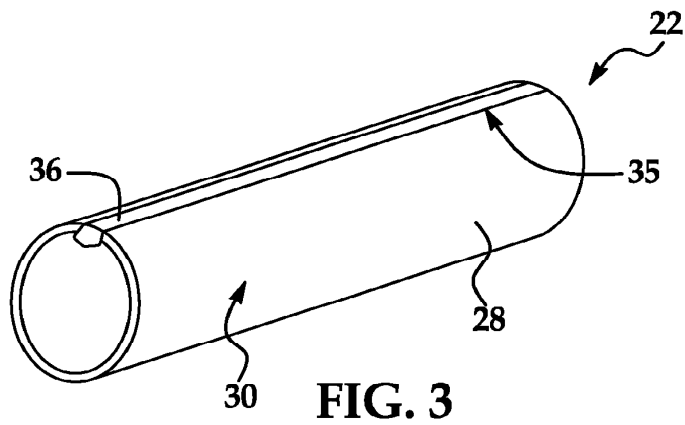


FIG. 2



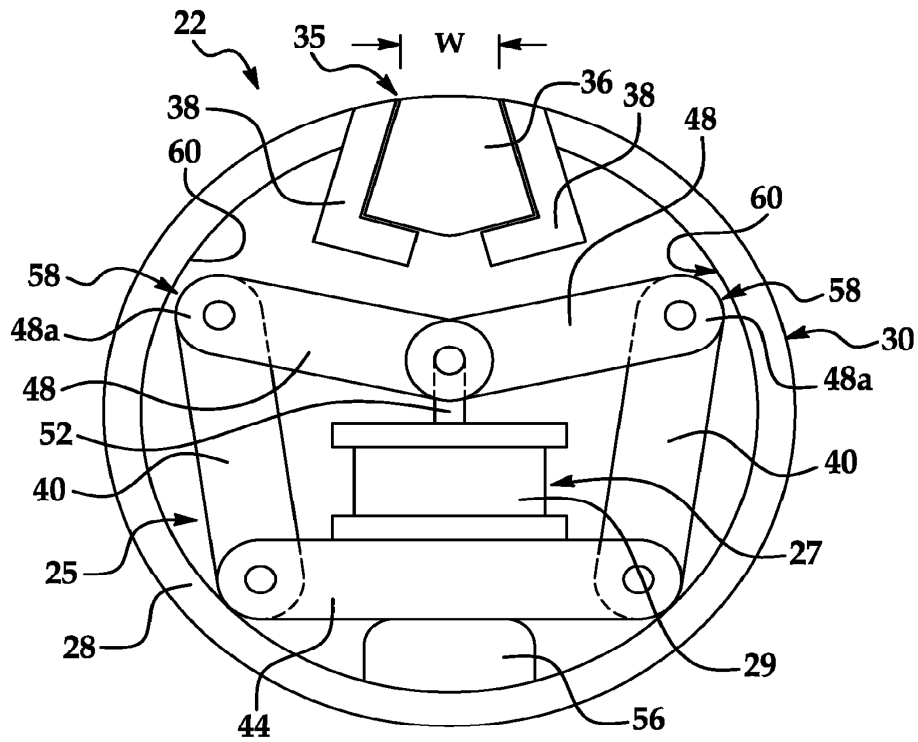


FIG. 7

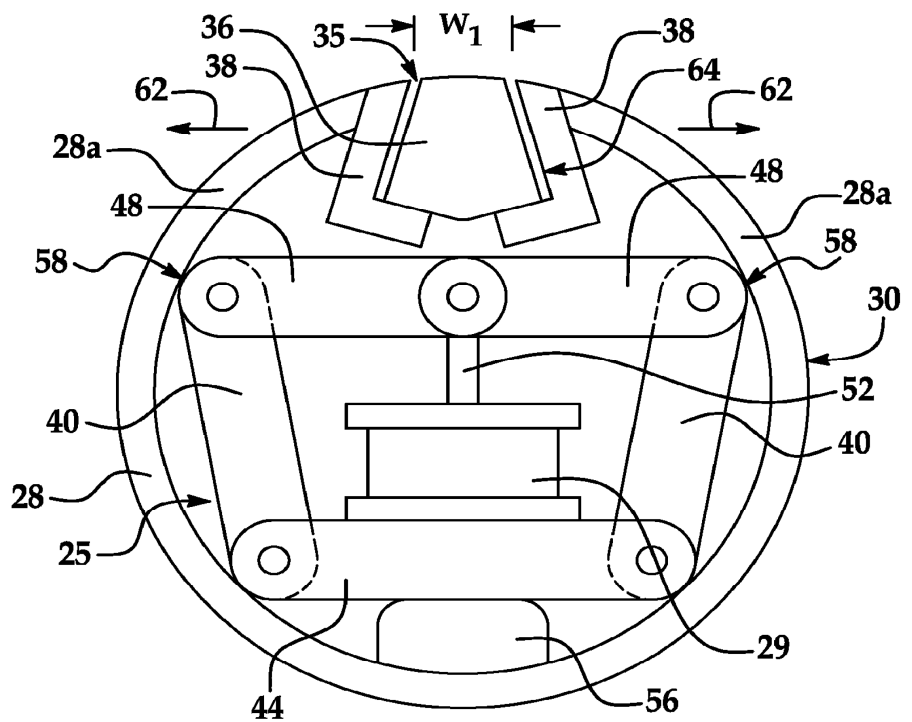


FIG. 8

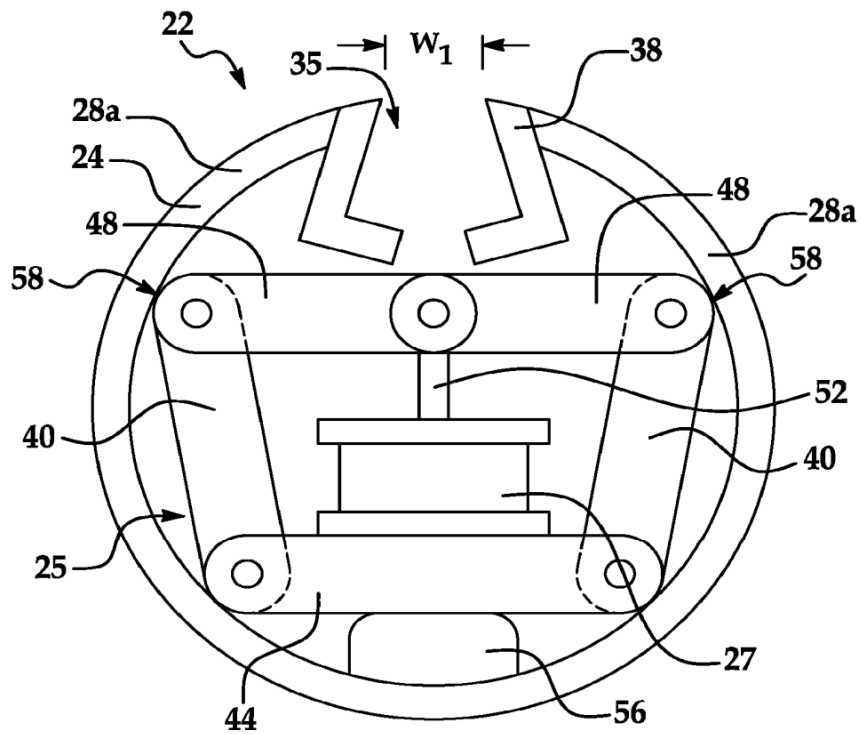


FIG. 9

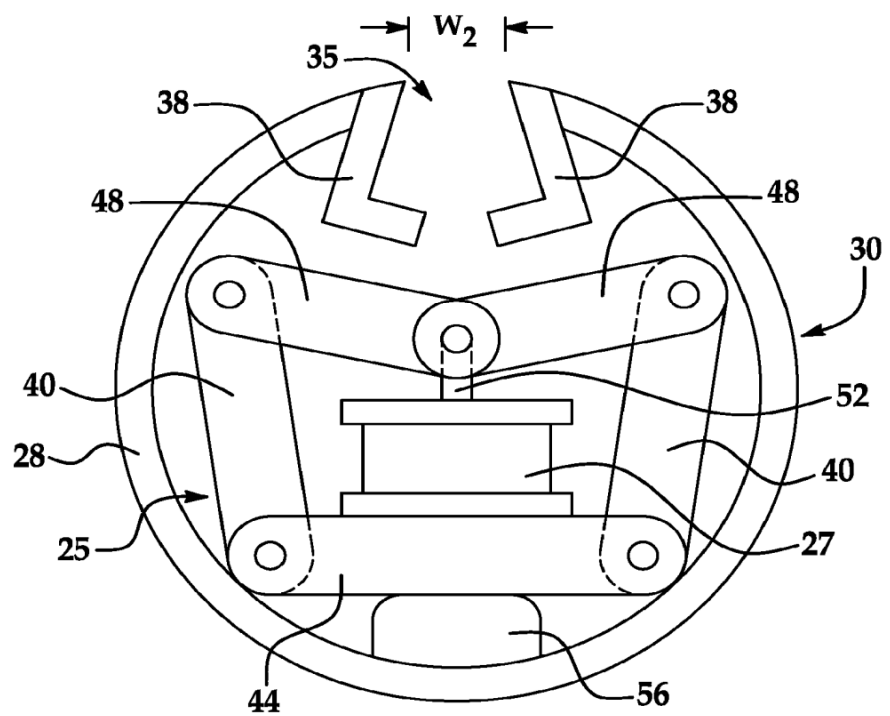


FIG. 10

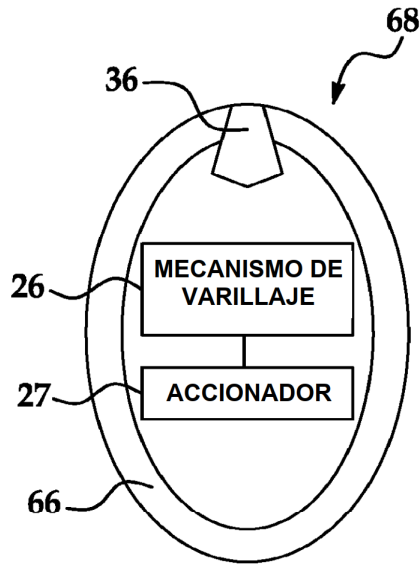


FIG. 11

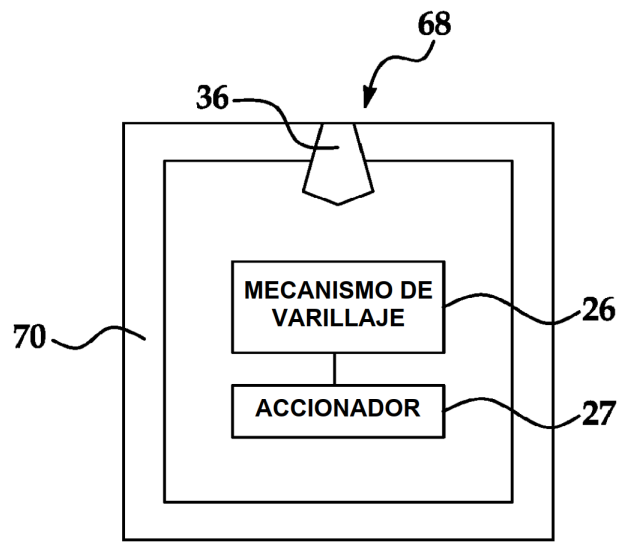


FIG. 12

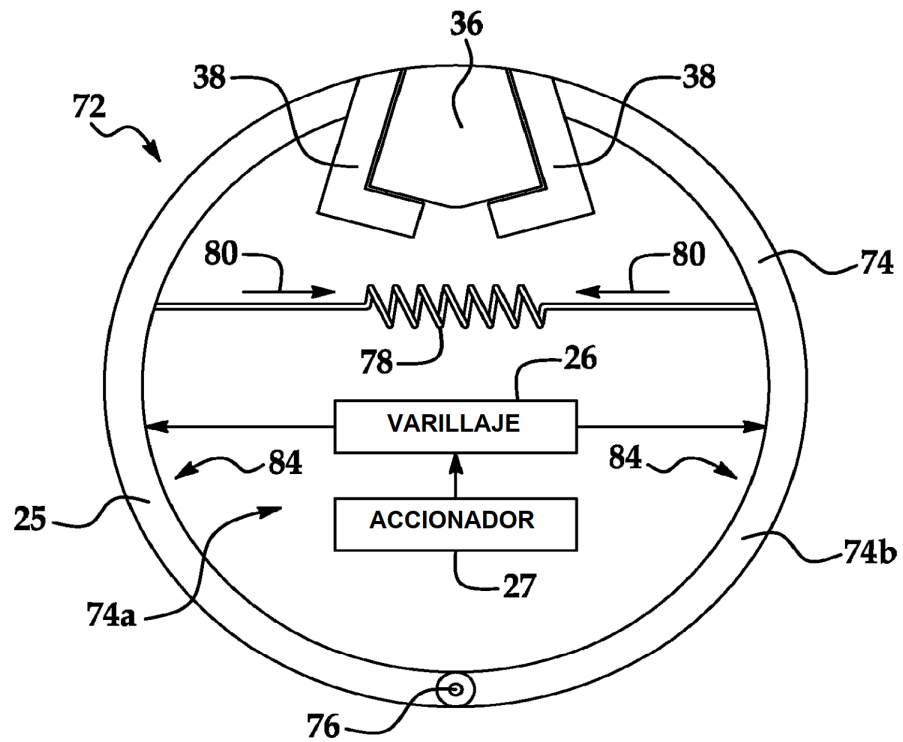


FIG. 13

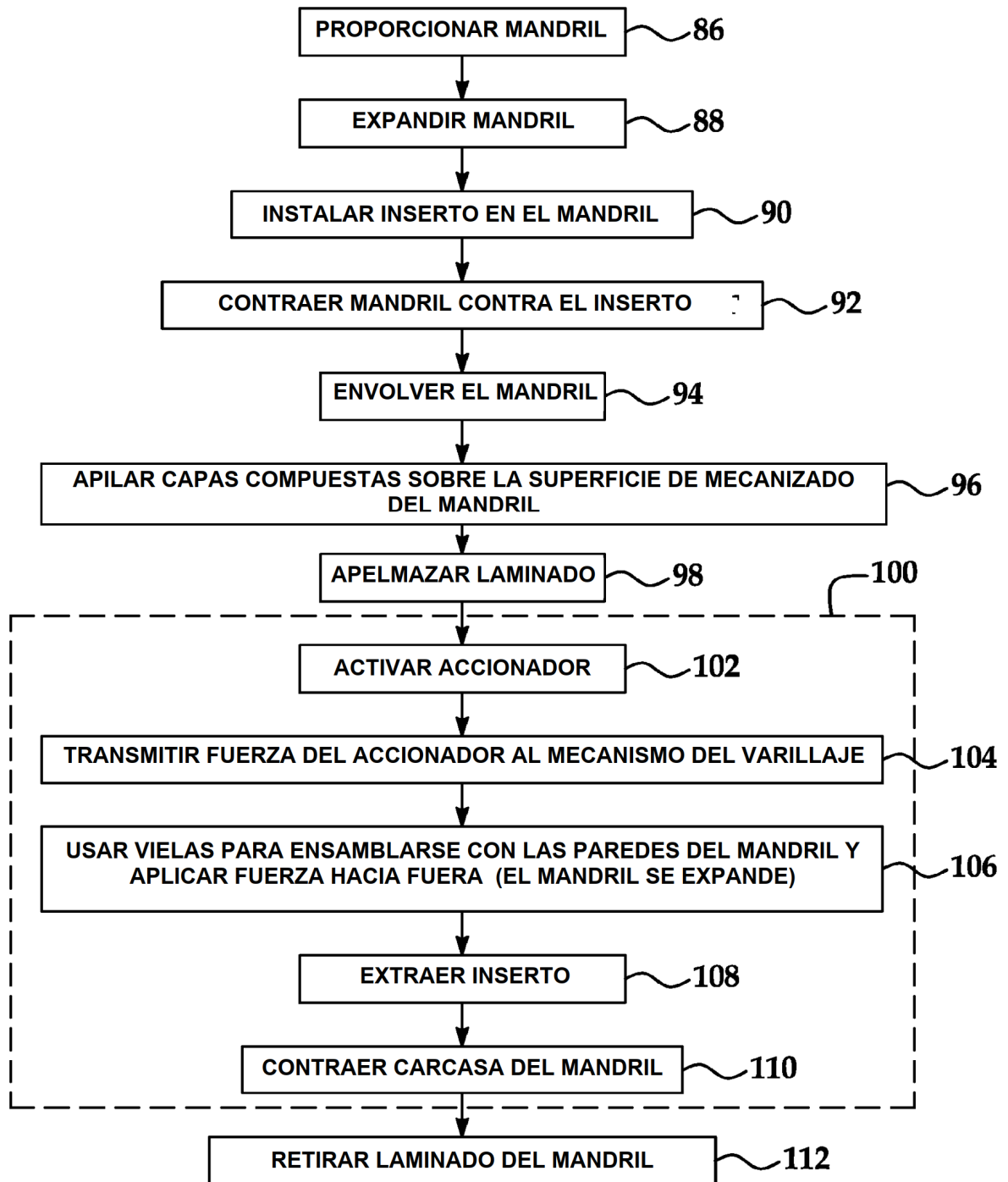


FIG. 14

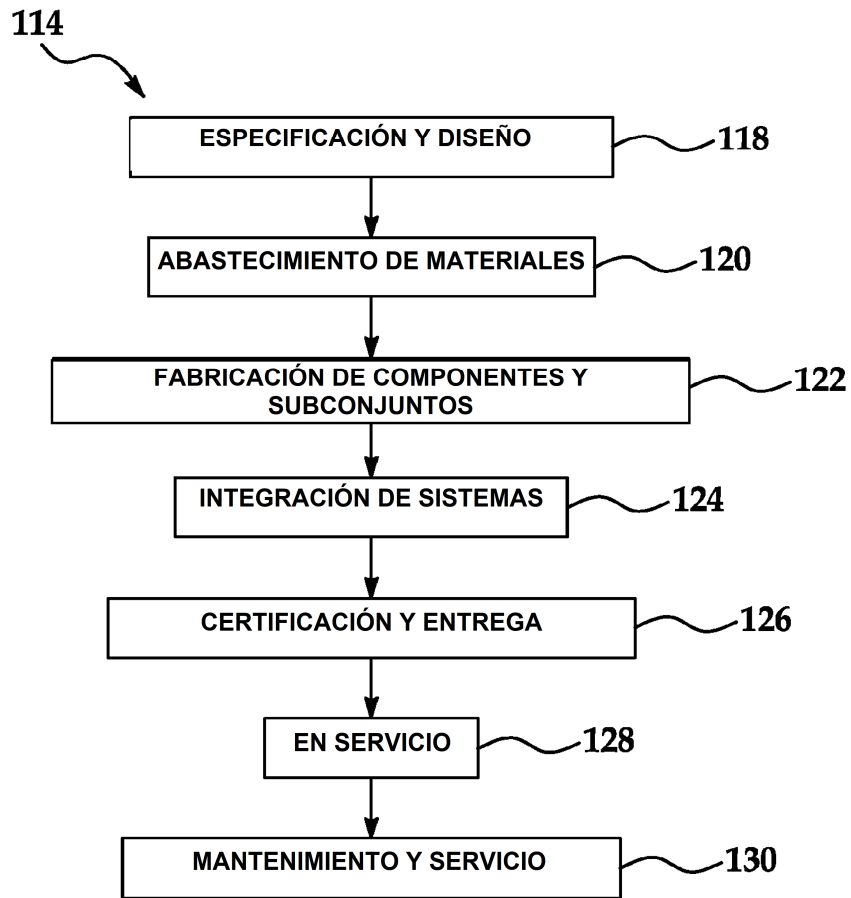


FIG. 15

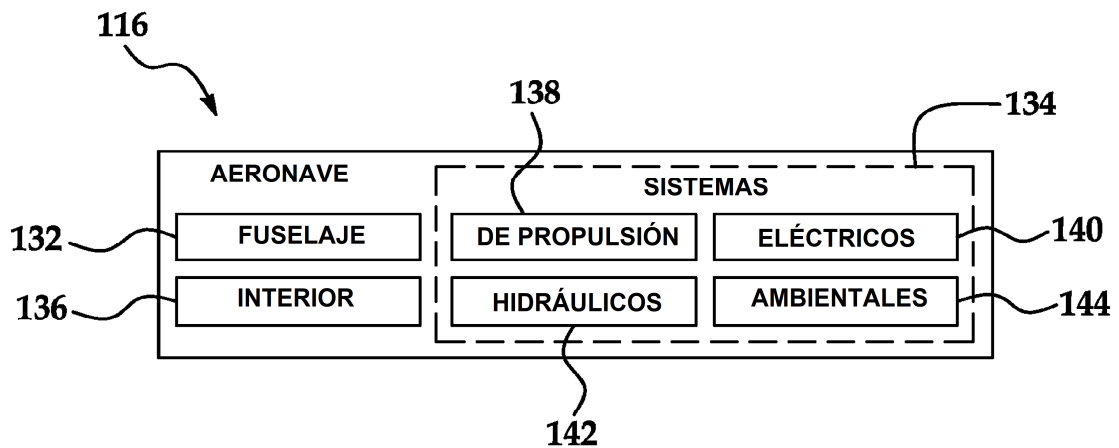


FIG. 16