

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 586 587**

51 Int. Cl.:

B29C 70/54 (2006.01)

B29C 53/04 (2006.01)

B29C 70/40 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **30.11.2012 E 12195060 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.07.2016 EP 2602094**

54 Título: **Método de fabricación de estructuras laminadas compuestas que permite el deslizamiento de capas durante su formación**

30 Prioridad:

07.12.2011 US 201113313382

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

17.10.2016

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**WILKERSON, RANDALL D;
FOX, JAMES R y
PREBIL, CHARLES R**

74 Agente/Representante:

UNGRÍA LÓPEZ, Javier

ES 2 586 587 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 de fabricación de estructuras laminadas compuestas que permite el deslizamiento de capas durante su formación

5

Información general**1. Campo:**

10 La presente divulgación se refiere, en general, a la fabricación de estructuras laminadas compuestas, y se ocupa más específicamente de un método de formación de contornos en una pila de capas compuestas planas que permite el deslizamiento de capas durante el proceso de formación.

2. Antecedentes:

15

Al apilar y recopilar laminados compuestos multi-capas, puede ser deseable mantener unas localizaciones de capas y/o unas orientaciones de capas deseadas con el fin de cumplir con los requisitos de diseño. En el caso de los laminados reforzados usando resinas termoestables, puede ser relativamente fácil mantener unas localizaciones y unas orientaciones de capas debido a la adhesividad inherente de los polímeros termoestables. Sin embargo, otros tipos de compuestos, tales como las resinas termoplásticas reforzadas, pueden carecer de la adhesividad de los termoestables. Por lo tanto, las capas de resina termoplástica pueden necesitar apilarse o adherirse entre sí con el fin de mantener las localizaciones y/u orientaciones de capas deseadas durante la recopilación y los procesos posteriores de formación y consolidación.

20

25 Los desafíos pueden surgir cuando se forman unas pilas de capas adheridas en formas de parte de sección transversal que se contornean, tales como las que tienen las esquinas fuertemente redondeadas. En función de la localización de las adherencias de capas, las adherencias pueden dar como resultado una distorsión, un pandeo y/o unas arrugas de las capas en la parte acabada a causa de la capacidad disminuida de las capas para deslizarse una respecto a otra durante el proceso de formación. Actualmente, este problema se resuelve principalmente por ensayo y error de colocación de las adherencias. Sin embargo, el enfoque de ensayo y error puede llevar mucho tiempo, puede aumentar la chatarra de material y puede no ser siempre eficaz en la eliminación del pandeo, la distorsión y/o las arrugas de las capas.

30

35 El documento US2003/138602A1 divulga un método para producir unas preformas de compuestos de fibra a partir de unos productos semiacabados y de polímero y prevé el uso de las preformas como unos componentes después del proceso de curado. Inicialmente, en una superficie de trabajo, se forma un tejido unido colocando alternativamente capas de unas secciones de productos semiacabados de compuesto de fibra cortada seca y unas capas de polímero con formas predeterminadas una encima de otra. Una preforma especificada se forma a partir del tejido unido formando partes apropiadas de este tejido y, posteriormente, curando las partes. Las capas de polímero presentan una forma que garantiza la unión de las secciones de productos semiacabados de corte en sus zonas de solapamiento. Las capas de polímero contienen unos rebajes locales con el fin de minimizar el esfuerzo de cizalladura entre las capas de productos semiacabados en las zonas de los rebajes locales cuando se forman las partes de perfil individuales del tejido unido. Resulta una preforma producida de acuerdo con este método.

40

45 El documento US2010/136293A1 divulga una parte estructural curvada compuesta de un material compuesto con unas fibras continuas reforzadas cuya sección transversal incluye al menos dos alas, extendiéndose dichas fibras desde un ala a la otra, teniendo dicha parte estructural una variación en la anchura de su sección paralela al radio local de curvatura. El elemento estructural que resulta del ensamblaje de las partes en las realizaciones divulgadas, tiene por lo tanto un ensanchamiento local de la sección en las conexiones entre las partes que constituyen un elemento estructural, tal como un bastidor de fuselaje de aeronave, y la ampliación en la conexión con los perfiles de suelo, si se usa un perfil de este tipo para hacer una estructura de fuselaje de aeronave. Las realizaciones divulgadas se refieren también a un proceso para fabricar una pieza de este tipo, así como un dispositivo para implementar ventajosamente un proceso de este tipo.

50

55 El documento EP0056352A1 proporciona un método de formación de una preforma de tejido estratificado para su uso en la fabricación de compuestos. La preforma está ensamblada por las capas de costura entre sí.

60 Por consiguiente, existe una necesidad de un método de fabricación de laminados compuestos contorneados con acumulaciones de capas que usan las capas adheridas lo que permite el deslizamiento de capas cuando se forma una pila de capas compuestas planas en una parte que tiene una forma de sección transversal contorneada. También existe una necesidad de un método de fabricación de laminados termoplásticos contorneados que tengan unas acumulaciones de capas que reduzcan el pandeo, la distorsión y/o las arrugas de las capas.

Sumario

De acuerdo con la presente invención, se proporciona un método de acuerdo con la reivindicación 1 de fabricación de una estructura compuesta que tiene una sección transversal contorneada.

5 Las realizaciones divulgadas proporcionan un método de fabricación de unas estructuras compuestas que tienen formas de sección transversal contorneadas, tales como los laminados de resina termoplástica reforzados, que requieren pilas de capas planas con acumulaciones de capas parciales a formarse con radios pequeños. Las acumulaciones de capas parciales son libres de deslizarse en relación con las capas completas durante el proceso de formación como resultado de la localización y el espesor de las adherencias de capa usadas para mantener la localización y orientación de las capas. Las capas completas se adhieren entre sí en las regiones medias de la pila de capas, a lo largo de todo el espesor de la pila. Las capas parciales se adhieren a unas individuales de las capas completas en las regiones periféricas de la pila con el fin de permitir el deslizamiento de capa cuando la pila se forma con unas formas de sección transversal contorneada y/o un radio pequeño alrededor.

15 De acuerdo con una realización divulgada, se proporciona un método de fabricación de una estructura compuesta contorneada, que comprende ensamblar una pila de capas sustancialmente plana y formar la pila de capas con una forma de sección transversal contorneada. El ensamblaje de la pila de capas incluye colocar una pluralidad de capas completas, adherir las capas completas entre sí, colocar al menos una capa parcial, y adherir la al menos una capa parcial a una de las capas completas. La adhesión de las capas completas puede realizarse en una región media de la pila de capas adhiriendo las capas completas a través de sustancialmente todo el espesor de las capas completas en la pila. La adhesión de la al menos una capa parcial puede realizarse dentro de una región periférica de la pila de capas. El ensamblaje de la pila de capas plana también puede incluir colocar una pluralidad de las capas parciales, y adherir cada una de las capas parciales a una de las capas completas. La colocación de las capas parciales puede incluir compensar las capas parciales a lo largo de al menos un borde de las capas completas, y adherir las capas parciales incluye compensar las adherencias entre las capas parciales y las capas completas.

20 De acuerdo con otra realización, se proporciona un método de ensamblaje de una pila de capas compuestas planas que permite el deslizamiento de capa cuando se forma la pila de capas con una forma de sección transversal contorneada. El método incluye colocar una pluralidad de capas completas, adherir las capas completas entre sí en una región media de la pila de capas, formar una acumulación de capas interlaminando las capas parciales entre al menos algunas de las capas completas, y adherir cada una de las capas parciales a una de las capas completas. Cada una de las capas completas y de las capas parciales puede ser una resina termoplástica reforzada con fibra.

35 De acuerdo con otra realización divulgada más, se proporciona un método de fabricación de una viga laminada compuesta que tiene al menos un contorno en la sección transversal. El método comprende ensamblar una pila de capas sustancialmente planas que tiene una parte de banda y una parte de brida, que incluye interlaminar las capas completas y las capas parciales. El método comprende además, adherir las capas completas entre sí y adherir cada una de las capas parciales a una de las capas completas de tal manera que cada una de las capas completas que tiene una capa parcial adherida a la misma pueda deslizarse respecto a una capa completa adyacente. El método también incluye formar la pila de capas planas con la forma de la viga que tiene una parte de banda y una parte de brida, incluyendo formar un radio en la pila de capas entre la parte de banda y la parte de brida.

45 De acuerdo con otra realización, se proporciona un método de fabricación de una estructura compuesta que tiene una forma de sección transversal contorneada. El método comprende ensamblar una pila de capas y formar la pila de capas. El ensamblaje de la pila de capas incluye colocar repetidamente al menos una capa completa, colocar al menos una capa parcial, y adherir la capa parcial a la capa completa en una región periférica de la capa completa. Las capas completas se adhieren entre sí en una región media de las capas completas. La adhesión de las capas completas entre sí se realiza después de que se hayan colocado todas las capas completas.

50 En resumen, de acuerdo con un aspecto de la invención, se proporciona un método de acuerdo con la reivindicación 1 de fabricación de una estructura compuesta que tiene una sección transversal contorneada, que incluye ensamblar una pila de capas sustancialmente planas, que incluye colocar una pluralidad de capas completas, adherir las capas completas entre sí, colocar al menos una capa parcial, adherir la al menos una capa parcial a una de las capas completas; y formar la pila de capas planas con una forma contorneada.

El método donde la adhesión de las capas completas se realiza en una región media de la pila de capas.

60 El método donde la adhesión de las capas completas se realiza a través de sustancialmente todo el espesor de las capas completas en la pila.

El método donde la adhesión de la al menos una capa parcial se realiza dentro de una región periférica de la pila de capas.

65 El método donde el ensamblaje de la pila de capas planas incluye además colocar una pluralidad de las capas parciales, y adherir las capas parciales a una adyacente de las capas completas.

- Ventajosamente, el método donde la colocación de las capas parciales incluye compensar las capas parciales unas respecto a otras a lo largo de al menos un borde de las capas completas.
- 5 Ventajosamente, el método donde la adhesión de las capas parciales incluye compensar las adherencias entre las capas parciales y las capas completas unas respecto a otras.
- Ventajosamente, el método donde el ensamblaje de la pila de capas planas incluye colocar una pluralidad de capas parciales, y adherir al menos dos de las capas parciales a una de las capas completas.
- 10 Ventajosamente, el método donde las al menos dos capas parciales se adhieren, respectivamente, a los lados opuestos de la una capa completa.
- Ventajosamente, el método donde el ensamblaje de la pila de capas planas incluye colocar una pluralidad de capas parciales entre las capas completas, y adherir un número diferente de las capas parciales, respectivamente, a cada una de las dos de las capas completas.
- 15 Una estructura compuesta fabricada por el método.
- De acuerdo con otro aspecto de la invención, se proporciona un método de ensamblaje de una pila de capas compuestas que permite el deslizamiento de capas cuando la pila de capas se forma con una forma de sección transversal contorneada, que incluye colocar una pluralidad de capas completas; adherir las capas completas entre sí en una región media de las capas completas; formar una acumulación de capas interlaminando las capas parciales entre al menos algunas de las capas completas; y adherir cada una de las capas parciales a una de las capas completas.
- 20
- 25 Ventajosamente, el método donde cada una de las capas completas y de las capas parciales es una resina termoplástica reforzada con fibra.
- Ventajosamente, el método donde la adhesión de cada una de las capas parciales a una de las capas completas se realiza en una región periférica de las capas completas.
- 30
- Ventajosamente, el método donde el interlaminado de las capas parciales incluye compensar las capas parciales unas respecto a otras, y la adhesión de las capas parciales incluye compensar las adherencias entre las capas parciales y las capas completas.
- 35
- Ventajosamente, el método donde la adhesión de las capas completas entre sí incluye formar unas adherencias sustancialmente a través de todo el espesor de la pila de las capas completas a lo largo de una línea de adherencia.
- Ventajosamente, el método donde el interlaminado de las capas parciales incluye colocar las capas parciales entre las capas completas a lo largo de los bordes exteriores de las capas completas.
- 40
- Ventajosamente, el método donde el interlaminado de las capas parciales incluye interlaminar los diferentes números de las capas parciales entre las capas completas respectivamente en diferentes secciones de la pila de capas.
- 45
- De acuerdo con otro aspecto más, se proporciona un método de fabricación de una viga laminada compuesta que tiene al menos un contorno de sección transversal, que incluye ensamblar una pila de capas sustancialmente planas que tiene una parte de banda y una parte de brida, que incluye interlaminar las capas completas y las capas parciales, adherir las capas completas entre sí, adherir cada una de las capas parciales a una de las capas completas de tal manera que cada una de las capas completas que tiene una capa parcial adherida a la misma pueda deslizarse respecto a una capa completa adyacente; y formar la pila de capas planas con la forma de la viga que tiene una parte de banda y una parte de brida, que incluye formar un radio en la pila de capas entre la parte de banda y la parte de brida.
- 50
- Ventajosamente, el método donde el interlaminado de las capas parciales y las capas completas incluye colocar las capas parciales a lo largo de los bordes de las capas completas para formar una acumulación de capas.
- 55
- Ventajosamente, el método donde la adhesión de las capas completas entre sí se realiza en una región media de la adherencia de capas, y la adhesión de las capas parciales a las capas completas se realiza en una región periférica de la pila de capas.
- 60
- Ventajosamente, el método donde el interlaminado de las capas parciales y las capas completas incluye compensar las capas parciales unas respecto a otras a lo largo de un borde de las capas completas.
- 65 Una viga laminada compuesta puede fabricarse por el método.

De acuerdo con otro aspecto más, se proporciona un método de fabricación de una estructura compuesta que tiene una sección transversal contorneada, que incluye ensamblar una pila de capas colocando repetidamente al menos una capa completa, colocar al menos una capa parcial y adherir la capa parcial a la capa completa en una región periférica de la capa completa; adherir las capas completas entre sí en una región media de las capas completas; y formar y consolidar la pila de capas.

Ventajosamente, el método donde la adhesión de las capas completas entre sí se realiza después de que se hayan colocado todas las capas completas.

Las características, funciones y ventajas pueden conseguirse independientemente en varias realizaciones de la presente divulgación o pueden combinarse en otras realizaciones más en las que pueden verse más detalles con referencia a la siguiente descripción y a los dibujos.

Breve descripción de los dibujos

Los nuevos rasgos característicos considerados de las realizaciones ventajosas se exponen en las reivindicaciones adjuntas. Sin embargo, las realizaciones ventajosas así como un modo preferido de uso, otros objetivos y ventajas de la misma, se comprenderán mejor por referencia a la siguiente descripción detallada de una realización ventajosa de la presente divulgación cuando se lea junto con los dibujos adjuntos, donde:

la figura 1 es una ilustración de una vista en perspectiva de una estructura compuesta que tiene una sección transversal contorneada fabricada de acuerdo con el método divulgado.

La figura 2 es una ilustración de una vista de extremo de una pila de capas planas usada para fabricar la estructura compuesta mostrada en la figura 1.

La figura 3 es una ilustración de la pila de capas planas mostrada en la figura 2, colocada en una herramienta de formación en la preparación para la formación de la pila.

La figura 4 es una ilustración similar a la figura 3 pero que muestra la pila de capas planas que se forma alrededor de los radios pequeños de la herramienta.

La figura 5 es una ilustración de la zona designada como figura 5 en la figura 2, que muestra varias de las capas despiezadas para revelar mejor las posiciones de las adherencias entre las capas, las localizaciones alternativas de las adherencias de capa completa que se indican en unas líneas discontinuas.

Las figuras 6-9 ilustran el apilamiento y la adhesión de unas capas sucesivas que forman parte de la pila de capas planas mostrada en la figura 2.

La figura 10 es una ilustración de una vista en sección que muestra varias capas despiezadas de la pila de capas planas después del proceso de formación.

La figura 11 es una ilustración de una vista similar a la figura 5, pero que muestra unos grupos de dos capas parciales adheridas respectivamente a los bordes de las capas completas individuales.

La figura 12 es una ilustración de una vista similar a la figura 5, pero que muestra dos capas parciales adheridas respectivamente a los lados opuestos de las capas completas individuales.

La figura 13 es una ilustración de una vista en planta de la pila de capas planas mostrada en la figura 2, que muestra el uso de adherencias continuas.

La figura 14 es una ilustración similar a la figura 13 pero que muestra el uso de unas adherencias por puntos.

La figura 15 es una ilustración similar a la figura 13, pero que muestra unas adherencias de línea separadas.

La figura 16 es una ilustración de un diagrama de flujo de una realización de un método de fabricación de una estructura compuesta que tiene una sección transversal contorneada que permite el deslizamiento de capas durante su formación.

La figura 17 es una ilustración de un diagrama de flujo de otra realización del método de fabricación.

La figura 18 es una ilustración de un diagrama de flujo de la producción de aeronaves y la metodología de servicio.

La figura 19 es una ilustración de un diagrama de bloques de una aeronave.

Descripción detallada

Las realizaciones divulgadas implican un método de fabricación de una estructura compuesta tal como, por ejemplo y sin limitación, una viga 20 que tiene una forma de sección transversal contorneada que en el ejemplo ilustrado es en forma de C. La sección transversal en forma de C de la viga 20 está formada por una parte de banda 22 y un par de partes de brida generalmente paralelas 24, 26, respectivamente. La parte de banda 22 está conectada a cada una de las partes de brida 24, 26 mediante unas esquinas redondeadas relativamente fuertes 45. Las partes de brida 24, 26 incluyen unas acumulaciones de capas que forman unos refuerzos de brida 28 que pueden proporcionar a la viga 20 una mayor rigidez. Y usado en el presente documento, "contorno" se refiere a un contorno o forma no plana que requiere una pila de capas planas 30 (figura 2) a formarse alrededor de unos radios relativamente pequeños, tales como las esquinas redondeadas 45. Como se tratará más adelante, la viga 20 puede comprender unas capas laminadas de una resina reforzada con fibra, tal como, sin limitación, un termoplástico, que se adhieren entre sí de una manera que permite el deslizamiento de las capas durante la formación de la viga 20. El refuerzo de fibra puede ser unidireccional o bidireccional. Si bien que se ilustra una viga 20 en la realización de ejemplo, el método divulgado puede emplearse para fabricar una amplia gama de estructuras compuestas de diferentes formas

de sección transversal que tengan una o más características formadas por las acumulaciones de capas.

Haciendo referencia ahora a la figura 2, la viga compuesta 20 mostrada en la figura 1 pueden fabricarse ensamblando una pila de capas formada de manera rectangular sustancialmente plana 30 que comprende una pluralidad de capas planas individuales o recopiladas 35 de una resina reforzada con fibra, tal como una resina termoplástica. Por ejemplo, y sin limitación, la resina termoplástica puede comprender polieterecetona (PEEK), polietercetona (PEKK), sulfuro de polifenileno (PPS), o polieterimida (PEI). Las realizaciones del método divulgadas también pueden aplicarse a otros tipos de capas de resina de polímero que pueden requerir adherencia, incluyendo, pero no limitadas a unos termoestables que carecen de una adhesividad deseada, y unas resinas híbridas que emplean una combinación de termoplásticos y termoestables. La pila de capas planas 30 tiene una anchura W, e incluye una parte de banda 22 flanqueada por unas partes de brida 24, 26. Los bordes 30a, 30b de la pila de capas planas 30 incluyen cada uno de los mismos unas rampas de capa 28a que forman los refuerzos 28 mostrados en la figura 1. Como se tratará a continuación con más detalle, las capas 35 pueden formarse de una resina tal como un termoplástico que puede carecer de suficiente adhesividad para mantener las capas 35 en unas localizaciones u orientaciones deseadas unas respecto a otras. De acuerdo con las realizaciones divulgadas, algunas de las capas 35 pueden adherirse entre sí de una manera que mantienen las localizaciones y/u orientaciones de capa relativas, mientras que permiten a las capas 35 deslizarse unas respecto a otras cuando la pila de capas 30 se forma alrededor de los contornos o radios de herramienta.

La pila de capas planas 30 mostrada en la figura 2 puede formarse en la viga 20 mostrada en la figura 1 usando cualquiera de varias técnicas y equipos de fabricación adecuados. Para facilitar la descripción, puede usarse la herramienta de formación sencilla 32 mostrada en las figuras 3 y 4 como un mandril sobre el que puede formarse la pila de capas planas 30. Haciendo referencia específicamente a las figuras 3 y 4, la herramienta de formación 30 incluye una superficie de herramienta superior plana 34 unida a un par de superficies de herramienta laterales generalmente paralelas 36, 38 por las esquinas redondeadas 45a. La parte de banda 22 de la pila de capas planas 30 puede colocarse en la superficie de herramienta superior 34 (figura 3), después de lo cual se forman 40 las partes de brida 24, 26 alrededor de las esquinas 45a hacia abajo sobre las superficies de herramienta 36, 38, como se muestra en la figura 4. Como se ha mencionado anteriormente, pueden usarse otros equipos y técnicas para realizar el proceso de formación, incluyendo pero no limitado a, unos procesos de formación incrementales y continuos descritos en las publicaciones de patentes de Estados Unidos números 20110206906, publicada el 25 de agosto de 2011 y 20070175575 publicada el 2 de agosto de 2007. En las publicaciones de patentes mencionadas anteriormente, el utillaje de consolidación (no mostrado) en una etapa de preconsolidación (no mostrada) se usa para calentar y formar parcialmente una pila de capas planas 30, después de lo cual el utillaje de consolidación se usa para formar y consolidar completamente la pila de capas 30 en una pieza acabada.

Haciendo referencia ahora a la figura 5, la pila de capas planas 40 comprende una pluralidad de capas completas recopiladas 35a y una pluralidad de capas de borde parcialmente interlaminadas 35b que se escalonan o se colocan en rampa para formar las rampas de capa 28a. Las capas completas 35a se extienden a través de casi toda la anchura W de la pila de capas planas 30. Las capas de borde parciales 35b se localizan en los bordes exteriores 30a, 30b de la pila de capas planas 30, superponiéndose a las capas completas 35a. Las capas de borde parciales 35b se extienden lateralmente más allá de los bordes exteriores 46 de las capas completas 35a y se compensan unas respecto a otras para formar las rampas de capa 28a.

En la realización mostrada en la figura 5, cada una de las capas de borde parciales 35b está adherida a una de las capas completas 35a por una adherencia 44 en una región periférica 65 de la pila 30, cerca del borde exterior 46 de las capas completas 35a. Por lo tanto, las adherencias 44 son dos adherencias de capa. Las adherencias 44 se compensan una respecto a otra, similar a la compensación de las capas de borde parciales 35b. Cada una de las adherencias 44 pueden producirse mediante una fusión interlaminar localizada entre una capa de borde parcial 35b y una capa completa 35a, realizada usando un método adecuado, tal como sin limitación, una unión térmica o una soldadura por ultrasonidos. Las capas completas 35a se adhieren entre sí en una región media 55 de la pila 30. En una realización, las capas completas 35a pueden adherirse entre sí en la región media 55 mediante una adherencia a través del espesor 42 que se extiende sustancialmente a través de todo el espesor de la pila 30 en la región media 55 y se encuentra sustancialmente dentro de un solo plano 41 con el fin de mantener la orientación global de la capa y las localizaciones de límite de capa. La adherencia 42 a través del espesor puede formarse adhiriendo la totalidad de las capas completas 35a entre sí al mismo tiempo, después de que se hayan colocado y recopilado las capas completas 35a, y se hayan colocado y adherido las capas parciales 35b a las capas completas 35a. En otra realización, como se hará evidente a partir de las figuras 6-9 tratadas a continuación, la adherencia 42 a través del espesor puede formarse como una serie de adherencias individuales alineadas verticalmente entre las capas completas 35a cuando las capas completas 35a se están colocando sucesivamente una sobre la otra. Como alternativa, la adherencia 42 a través del espesor puede formarse adhiriendo entre sí a la vez más de dos de las capas completas 35a durante el proceso de colocación de capas.

En el ejemplo mostrado en 5, la adherencia 42 a través del espesor se encuentra sustancialmente en un solo plano 41, sin embargo, en otras realizaciones, las capas completas 35a pueden adherirse entre sí en la región media 55 por múltiples adherencias 42', 42'', 42''' (mostradas en líneas discontinuas) entre dos o más de las capas completas 35a que se encuentran respectivamente en los planos 43 que se compensan entre sí dentro de la región media 55 de la

pila de capas 50.

En el ejemplo ilustrado, la adherencia 42 a través del espesor es una única adherencia de fila localizada en el centro de la pila de capas 30, sin embargo son posibles otras localizaciones. Las adherencias 42 pueden denominarse como múltiples adherencias de capa. La localización de las adherencias 42, 44 se elige de tal manera que no impiden sustancialmente el deslizamiento de capa interlaminar y/o el material de capa retenido entre las adherencias 42, 44 durante el proceso de formación aguas abajo. Por ejemplo, en el caso de la viga 20 mostrada en la figura 1, las adherencias a través de todo el espesor de la parte de brida 24, 26 deberían evitarse ya que las adherencias de espesor completo en esta zona pueden evitar que las capas 35 se deslicen una respecto a otra en esta zona. Cuando se ha ensamblado la pila de capas planas 30, las regiones periféricas 65 de la pila 30 pueden recortarse usando un equipo adecuado, tal como un cortador de ultrasonidos (no mostrado), a lo largo de las líneas de recorte, por ejemplo, 48a, 48b, 48. Este recorte de la pila 30 puede necesitarse con el fin de alinear los bordes exteriores de la pila de capas planas 30 con el utillaje de consolidación (no mostrado) y alcanzar las presiones de consolidación deseadas, o para producir una pieza acabada en forma neta que puede no necesitar el recorte que sigue a la consolidación, o muy poco recorte.

Las figuras 6-9 ilustran etapas sucesivas de la colocación de tres de las capas completas 35a₁, 35a₂, 35a₃, y dos de las capas de borde parciales 35b₁, 35b₂. Haciendo referencia a la figura 6 después de que se deja una primera capa completa 35a₁, una primera capa de borde parcial 35b₁ se coloca en la parte superior de la primera capa completa 35a₁, superponiendo el borde exterior 46 de la primera capa completa 35a₁. A continuación, una segunda capa completa 35a₂ se coloca sobre la primera capa 35a₁, superponiendo la primera capa de borde parcial 35b₁. A continuación, puede realizarse una primera adherencia 42a en una zona media 55, entre las dos capas completas 35a₁, 35a₂. Como se muestra en la figura 7, también se realiza una adherencia 44b entre la capa completa 35a₂ y la primera capa de borde parcial 35b₁. Haciendo referencia a la figura 8, se coloca una segunda capa de borde parcial 35b₂ sobre el borde 46 de la capa completa 35a₂, separada lateralmente hacia fuera de la adherencia 44a. A continuación, como se muestra en la figura 9, se coloca una tercera capa completa 35a₃. El borde exterior 46 de la tercera capa completa 35a₃ se superpone a la segunda capa parcial 35b₂, y una segunda adherencia 44b se realiza entre la capa parcial 35b₁ y la capa completa 35a₃, justo por fuera de la primera adherencia 44a. Una adherencia 42b se realiza entre la capa completa 35a₃ y la capa completa subyacente 35a₂. El proceso ilustrado en las figuras 6-9 se repite hasta que la pila de capas planas 30 se ha ensamblado completamente. Son posibles otras variaciones en la colocación y la adherencia de las capas de borde completas y parciales 35a, 35b, respectivamente. Por ejemplo, como se ha mencionado anteriormente, la adherencia 42a a través del espesor puede formarse después de que la totalidad de las capas completas 35a estén colocadas y recopiladas, en lugar de cuando se estén colocando una serie de adherencias individuales realizadas como las capas completas individuales 35a. Además, cada una de las capas de borde parciales 35a puede unirse mediante una segunda adherencia 44a a cualquier capa completa adyacente 35a; por lo tanto, en el ejemplo mostrado en las figuras 6-9, la capa parcial 35b₁ puede unirse mediante una adherencia 44a a la capa completa subyacente 35a₁, en lugar de a la capa completa superpuesta 35a₂. Del mismo modo, la capa parcial 35b₂ puede unirse mediante una segunda adherencia 44b a la capa completa subyacente 35a₂, en lugar de a la capa completa superpuesta 35a₃. Además, mientras que las capas completas y parciales 35a, 35b, respectivamente, se muestran como que alternan en su orden dentro de la pila de capas 30, no necesitan alternarse, como se pondrá de manifiesto a partir de otras realizaciones ilustrativas tratadas a continuación.

La figura 10 ilustra las posiciones relativas de las capas 35a y 35b así como las adherencias 42, 44 mostradas en la figura 5 después de que se haya formado la pila de capas planas 30 sobre la herramienta 32 mostrada en las figuras 3 y 4. Como la pila de capas planas 30 se está formando alrededor de las esquinas redondeadas 45a (figura 3) de la herramienta 32, las capas completas 35a son libres de deslizarse y formarse una respecto a otra cuando las capas completas 35a se mueven desde un radio mayor a un radio menor cuando se están formando las esquinas redondeadas 45 (figura 1). Ya que las capas de borde parciales 35b se adhieren solo a unas individuales de las capas completas 35a, cada una de las capas de borde parciales 35b también puede deslizarse y formarse junto con la capa completa 35a a la que está adherida.

La adherencia de las capas de borde parciales 35b a las adyacentes individuales de las capas completas 35a permite un deslizamiento de capa relativo, reduciendo o eliminando sustancialmente de este modo el material de capa que se retiene que puede provocar una distorsión, unas arrugas y/o un pandeo de las capas durante el proceso de formación. La adherencia 42 que se extiende a través de todo el espesor de las capas completas 35a en la región media 55 mantiene la localización y la orientación de las capas 35a, 35b durante el proceso de formación y consolidación. Debería observarse en este caso que si bien se han ilustrado las capas de bordes compensadas 35b para producir las rampas de capa 28a a lo largo de las partes de brida 24, 26, los principios de las realizaciones divulgadas pueden emplearse para producir otras características de una estructura de sección transversal compuesta altamente contorneada, que incluye pero no limitada a los miembros estructurales que tienen formas de sección transversal en "I", "T", "J" o "Z". Además, mientras que las rampas de capa 28a se muestran a lo largo de dos bordes opuestos de la pila de capas 30 mostrada en la figura 5, pueden formarse unas acumulaciones de capas localizando las capas parciales 35b a lo largo de solo un borde, o a lo largo de más de dos bordes de la pila de capas 30, o a lo largo de todos los bordes de la pila de capas 30.

La figura 11 ilustra una realización alternativa en la que un par de unas capas de borde parciales 35b están adheridas en 44 a unas individuales de las capas completas 35a. En esta realización, cada par de las capas de borde parciales 35b pueden deslizarse durante su formación junto con la capa completa 35a a la que están unidas. En otras realizaciones, puede ser posible adherir más de dos de las capas parciales 35b a una capa completa adyacente individual 35a. En esta realización a modo de ejemplo, las capas parciales 35b se encuentran por debajo de la capa completa 35a a la que están adheridas, sin embargo, en otras realizaciones, estas capas parciales 35b pueden encontrarse en cambio por encima de la capa completa 35a a la que están adheridas.

La figura 12 ilustra otra realización más en la que dos capas de borde parciales 35b están unidas respectivamente en lados opuestos de las capas completas individuales 35a mediante las adherencias 44. Puede ser posible unir más de una de las capas de borde parciales 35b a cada lado de una o más de las capas completas 35a. Además, como se muestra en este ejemplo, al menos algunas de las capas completas 35a pueden no tener cualquiera de las capas de borde parciales 35b adheridas a las mismas. Además, puede variar el número de capas parciales 35b adheridas a una capa completa 35a en una sección de la pila de capas 30, mientras que en otras secciones de la pila de capas 30, dos o más capas parciales 35b pueden adherirse a las individuales de las capas completas 35a. Como en los ejemplos anteriores, la localización y la profundidad de las adherencias 44 permiten que las capas parciales 35b se formen junto con la capas completas 35a a las que están adheridas, y se permite que las capas completas 35a se deslicen unas respecto a otras durante el proceso de formación.

Como se ha mencionado anteriormente, las adherencias 42, 44 pueden formarse usando cualquiera de varios métodos adecuados que incluyen la unión térmica y la soldadura por ultrasonidos. Las adherencias 42, 44 pueden ser continuas o discontinuas. Por ejemplo, la figura 13 ilustra las adherencias 42, 44 que son sustancialmente continuas a lo largo de la longitud de la pila de capas planas 30. Como alternativa, como se muestra en la figura 14, las adherencias 42, 44 pueden formarse en puntos separados individuales a lo largo de la longitud de la pila de capas 30. En otra realización más, como se muestra en la figura 15, cada una de las adherencias 42, 44 pueden realizarse a lo largo de unas líneas que están separadas a lo largo de la longitud de la pila 30.

A continuación, se dirige la atención a la figura 16 que ilustra las etapas generales de una realización de un método de fabricación de una estructura compuesta que tiene una forma de sección transversal contorneada, que permite el deslizamiento de capas durante el proceso de formación con el fin de reducir o eliminar el pandeo, la distorsión y/o las arrugas de las capas. En 50, se ensambla una pila de capas planas 30 la cual se forma y consolida a continuación en 52. Las capas completas individuales 35a junto con las capas de borde parciales 35b se las permite deslizarse una respecto a otra durante el proceso 52 de formación y consolidación. El ensamblado de la pila de capas planas 30 en 50 incluye colocar al menos dos capas completas 35a en 54, y colocar al menos una capa parcial 35b en 56. En 58, la al menos una capa parcial 35b se adhiere a una individual adyacente de las capas completas 35a en una región periférica 65 de la pila de capas 30. Las capas completas 35a colocadas en 54 se adhieren entre sí en una región media 55 de la pila 30 en 60, o después de que se ensamble la pila de capas 30, o incrementalmente a medida que se están colocando las capas de borde completas y parciales 35a, 35b.

La figura 17 ilustra una realización alternativa del método de fabricación divulgado. Similar a la realización mostrada en la figura 16, en 50, se ensambla una pila de capas planas 30 que se forma y se consolida a continuación en 52. Las capas completas individuales 35a junto con las capas de borde parciales 35b se les permite deslizarse una respecto a otra durante el proceso 52 de formación y consolidación. En la etapa 62, se coloca al menos una capa completa 35a, y se coloca en 64 al menos una capa parcial 35b. En 66, una o más de las capas parciales 35a colocadas en 64 se adhieren a una adyacente de las capas completas 35a. Como se ha tratado anteriormente, en la etapa 66, pueden adherirse múltiples capas parciales 35b a una única de las capas completas 35a, en uno o en ambos lados de esa capa completa 35a. Las etapas 62, 64, 66, y la etapa opcional 68, se repiten sucesivamente hasta que toda la pila de capas planas 30 está ensamblada y recopilada. Como alternativa, como se ha tratado anteriormente, la etapa 68 puede realizarse después de que se hayan colocado todas las capas completas 35a.

Las realizaciones de la divulgación pueden encontrar un uso en una variedad de aplicaciones potenciales, específicamente en la industria del transporte, incluyendo por ejemplo, la industria aeroespacial y otras aplicaciones. Por lo tanto, haciendo referencia ahora a las figuras 18 y 19, las realizaciones de la divulgación pueden usarse en el contexto de un método de fabricación y servicio de una aeronave 70 como se muestra en la figura 18 y una aeronave 72 como se muestra en la figura 19. Las aplicaciones en aeronaves de las realizaciones divulgadas pueden incluir, por ejemplo, sin limitación, la fabricación de cualquiera de una amplia gama de piezas y componentes compuestos, tales como los miembros de refuerzo, como vigas, largueros y travesaños, por nombrar solo unos pocos. Durante la pre-producción, el método a modo de ejemplo 70 puede incluir la especificación y el diseño 74 de la aeronave 72 y la consecución de material 76. Durante la producción, tiene lugar la fabricación de componentes y subconjuntos 78 y la integración 80 del sistema de la aeronave 72. A partir de aquí, la aeronave 72 puede ir a través de la certificación y la entrega 82 con el fin de ponerse en servicio 84. Si bien en el servicio para un cliente la aeronave 72 está programada para el mantenimiento y el servicio de rutina 86, también puede incluir una modificación, una reconfiguración, una remodelación, etc.

5 Cada uno de los procesos del método 70 puede realizarse o llevarse a cabo por un integrador de sistemas, un tercero, y/o un operador (por ejemplo, un cliente). Para los fines de esta descripción, un integrador de sistemas puede incluir, sin limitación, cualquier número de fabricantes de aeronaves y subcontratistas de grandes sistemas; un tercero puede incluir, sin limitación, cualquier número de vendedores, subcontratistas y proveedores; y un operador puede ser una línea aérea, una compañía de arrendamiento, una entidad militar, una organización de servicio, etc.

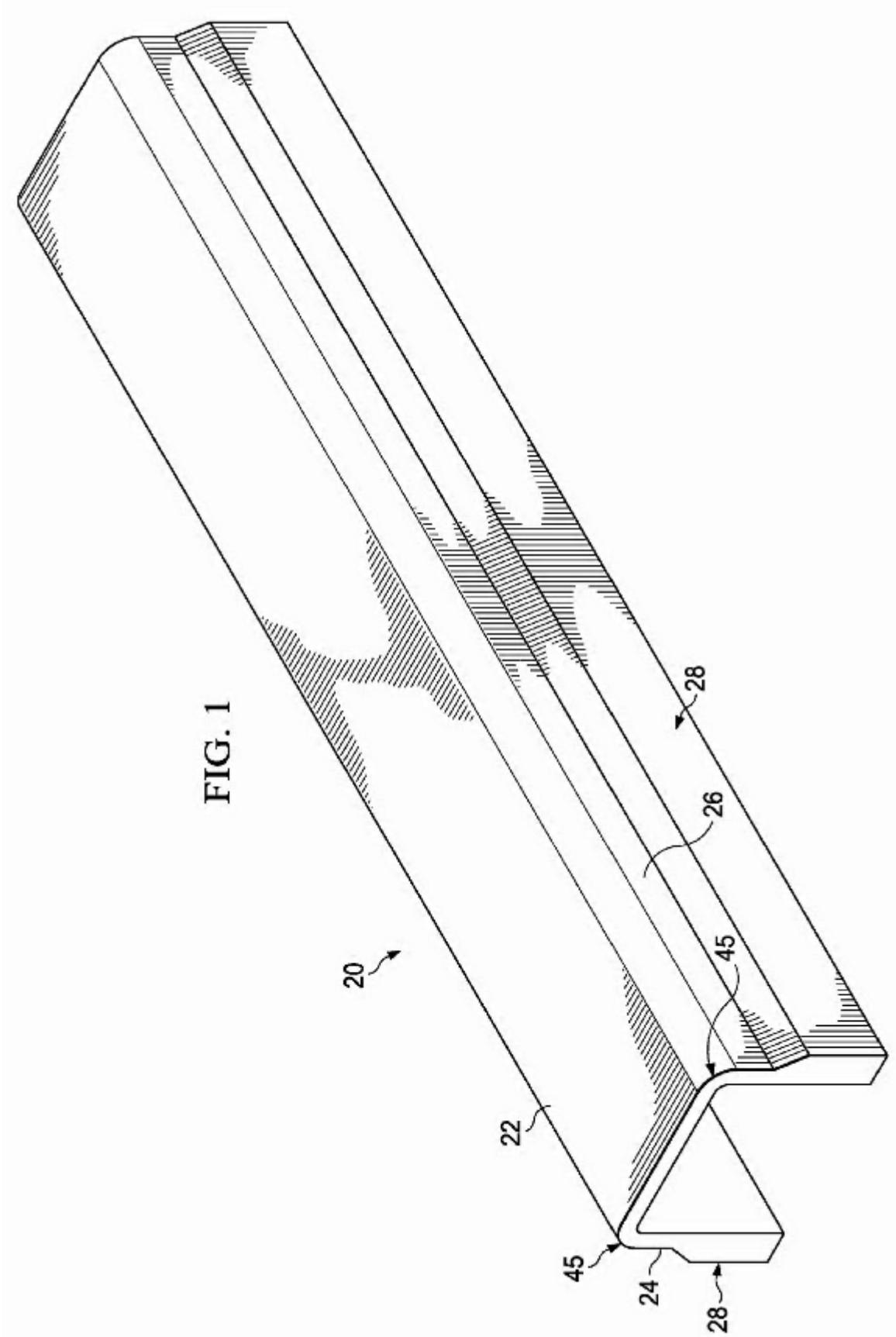
10 Como se muestra en la figura 19, la aeronave 72 producida por el método a modo de ejemplo 70 puede incluir un fuselaje 88 con una pluralidad de sistemas 90 y un interior 92. Unos ejemplos de sistemas de alto nivel 90 incluyen uno o más de entre un sistema de propulsión 94, un sistema eléctrico 96, un sistema hidráulico 98, y un sistema de entorno 100. Cualquier número de otros sistemas pueden incluirse. Aunque se muestra un ejemplo aeroespacial, los principios de la divulgación pueden aplicarse a otras industrias, tales como las industrias del automóvil y marítimas.

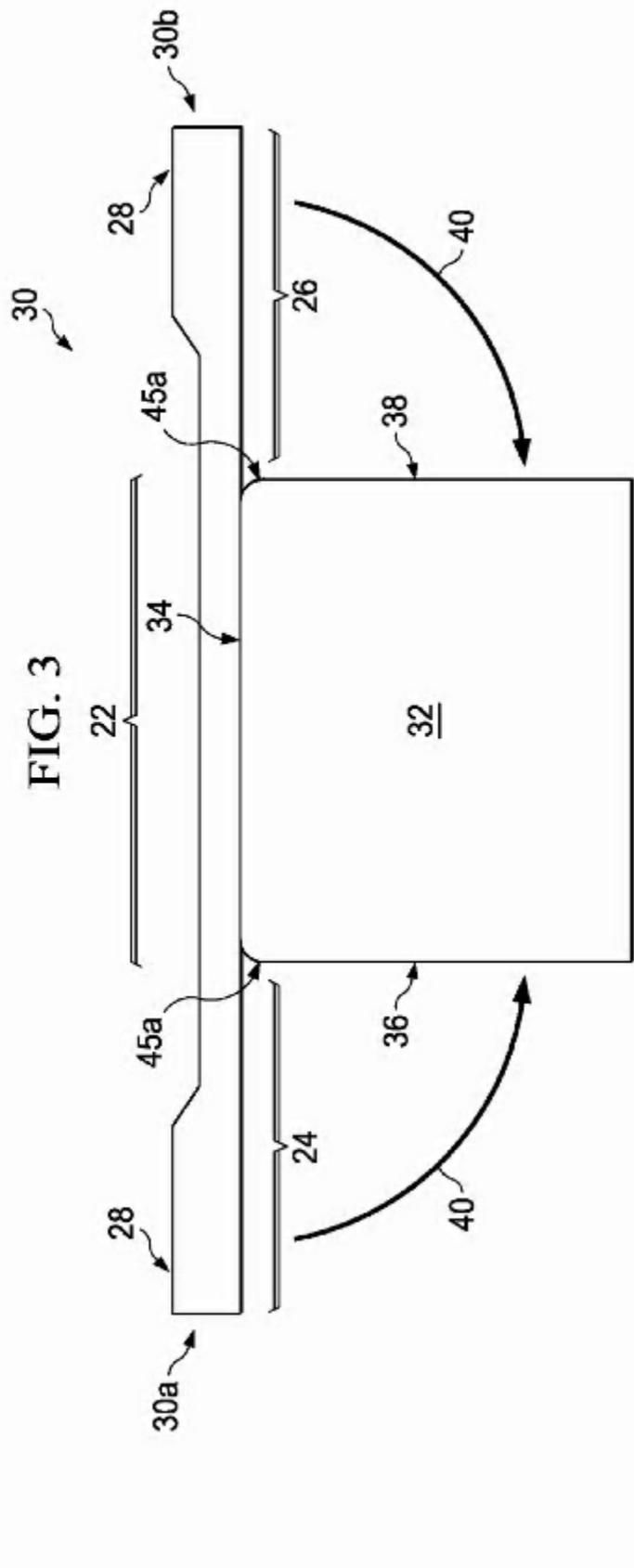
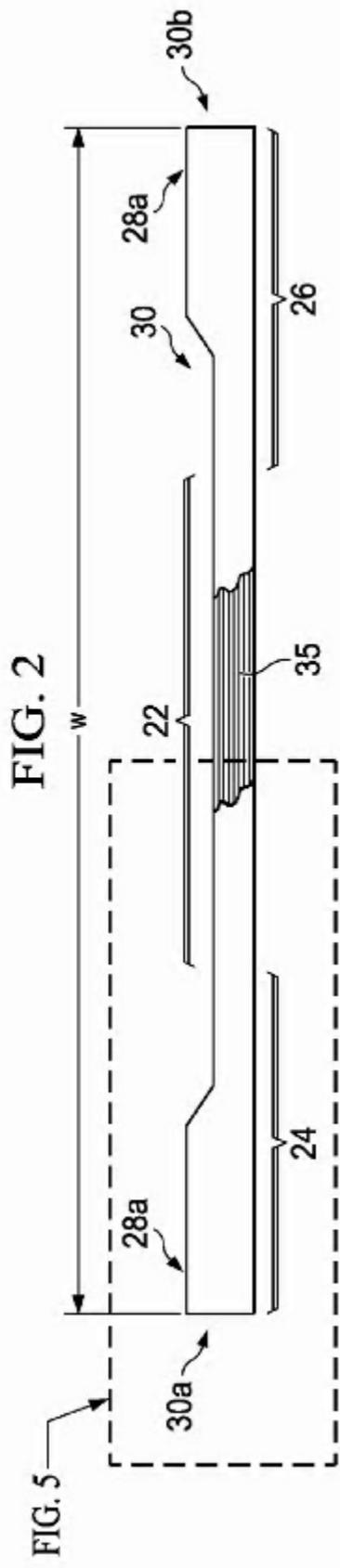
15 Los sistemas y métodos incorporados en el presente documento pueden emplearse durante una cualquiera o más de las etapas del método de producción y de servicio 70. Por ejemplo, los componentes o subconjuntos correspondientes al proceso de producción 78 pueden construirse o fabricarse de una manera similar a los componentes o subconjuntos producidos mientras la aeronave 72 está en servicio. Además, una o más realizaciones de aparatos, realizaciones del método, o una combinación de las mismas pueden usarse durante las etapas de producción 78 y 80, por ejemplo, agilizando sustancialmente el ensamblaje de o reduciendo el coste de una aeronave 72. Del mismo modo, una o más realizaciones de aparatos, realizaciones del método, o una combinación de las mismas pueden usarse mientras que la aeronave 72 está en servicio, por ejemplo y sin limitación, para el mantenimiento y el servicio 86.

25 La descripción de las diferentes realizaciones ventajosas se ha presentado con fines de ilustración y descripción, y no pretende ser exhaustiva o limitada a las realizaciones en la forma divulgada. Muchas modificaciones y variaciones serán evidentes para los expertos en la materia. Además, diferentes realizaciones ventajosas pueden proporcionar diferentes ventajas en comparación con otras realizaciones ventajosas. La realización o realizaciones seleccionadas se han elegido y descrito con el fin de explicar mejor los principios de las realizaciones, la aplicación práctica, y para permitir a otros expertos en la materia comprender la divulgación para diversas realizaciones con diversas modificaciones que sean adecuadas al uso específico contemplado.

REIVINDICACIONES

1. Un método de fabricación de una estructura compuesta que tiene una sección transversal contorneada, que comprende:
- 5 ensamblar una pila de capas sustancialmente planas (30), que incluye
- colocar una pluralidad de capas completas (35a), y
colocar al menos una capa parcial (35b),
- 10 adherir las capas completas entre sí en una región media (55) de la pila de capas (30) y a través de sustancialmente todo el espesor de las capas completas en la pila (30),
adherir la al menos una capa parcial (35b) a una individual de las capas completas (35a) dentro de una región periférica (30a) de la pila de capas (30) de tal manera que en la región de la al menos una capa parcial (35b) las capas completas (35a) son libres de deslizarse y formarse una respecto a otra y la al menos una capa
- 15 parcial (35b) también puede deslizarse y formarse junto con la capa completa (35a) a la que está adherida; y
- formar la pila de capas planas en una forma contorneada.
2. El método de la reivindicación 1, donde el método comprende colocar más de una capa parcial (35b) y ensamblar la pila de capas planas (30) comprende formar una acumulación de capas interlaminando las capas parciales (35b) entre al menos algunas de las capas completas (35a).
- 20 3. El método de la reivindicación 2, donde interlaminar las capas parciales (35b) incluye interlaminar diferentes números de capas parciales (35b) entre las capas completas (35a) en diferentes secciones de la pila de capas (30).
- 25 4. El método de la reivindicación 1, donde ensamblar la pila de capas planas (30) incluye además:
- colocar una pluralidad de las capas parciales (35b), y
adherir las capas parciales (35b) a una adyacente de las capas completas (35a).
- 30 5. El método de la reivindicación 2, 3 o 4, donde colocar las capas parciales (35b) incluye compensar las capas parciales unas respecto a otras a lo largo de al menos un borde de las capas completas (35a).
- 35 6. El método de la reivindicación 5, donde adherir las capas parciales (35b) incluye compensar las adherencias (44) entre las capas parciales y las capas completas unas respecto a otras.
7. El método de cualquier reivindicación anterior, donde ensamblar la pila de capas planas (30) incluye:
- 40 colocar una pluralidad de las capas parciales (35b), y
adherir al menos dos de las capas parciales (35b) a una de las capas completas (35a).
8. El método de la reivindicación 7, donde al menos dos capas parciales (35b) están adheridas, respectivamente, a los lados opuestos de la una capa completa (35a).
- 45 9. El método de la reivindicación 7, donde ensamblar la pila de capas planas (30) incluye:
- colocar una pluralidad de capas parciales (35b) entre las capas completas (35a), y
adherir un número diferente de las capas parciales (35b), respectivamente, a cada una de dos de las capas completas.
- 50





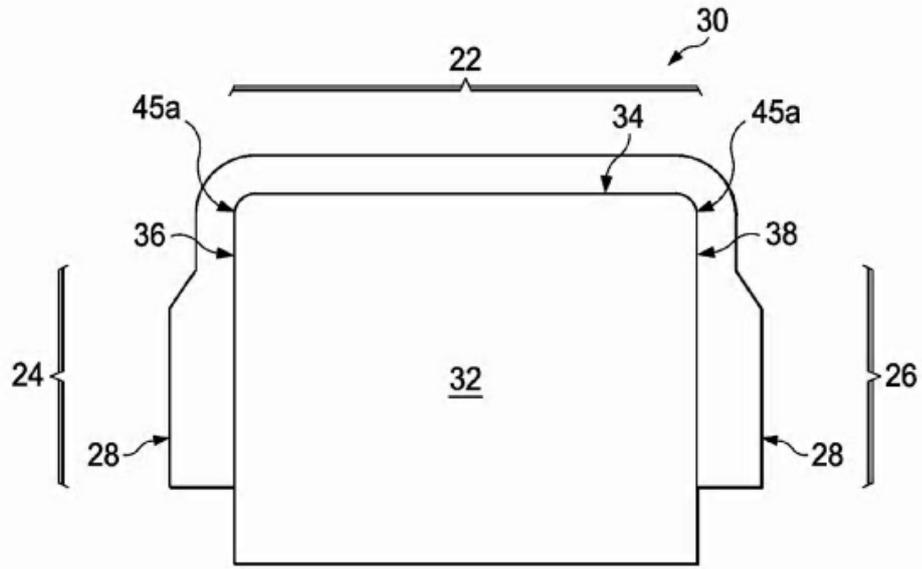
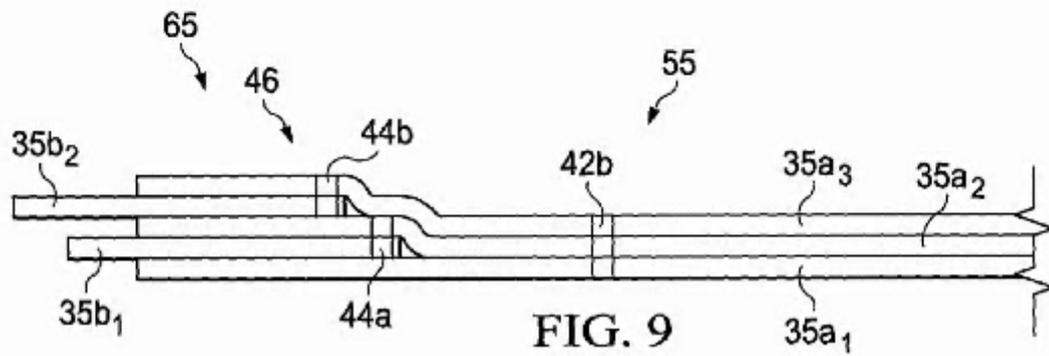
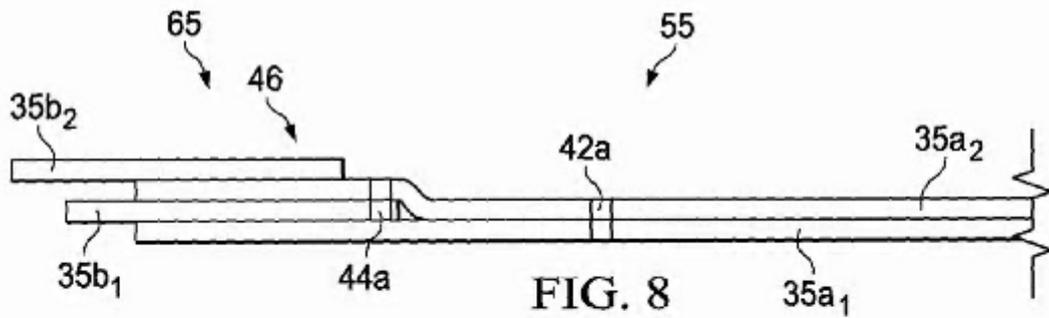
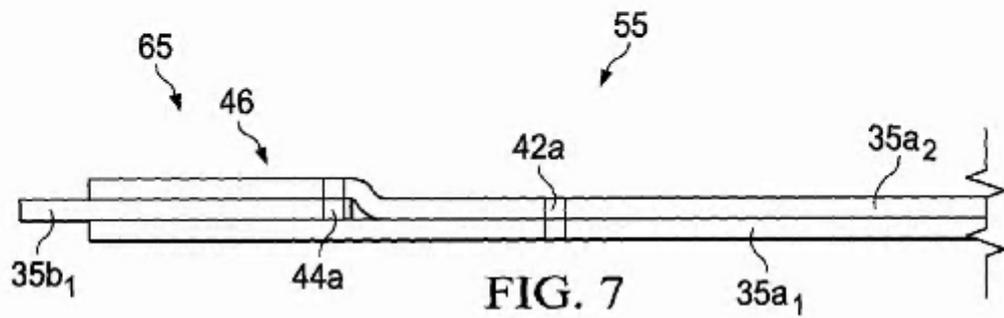
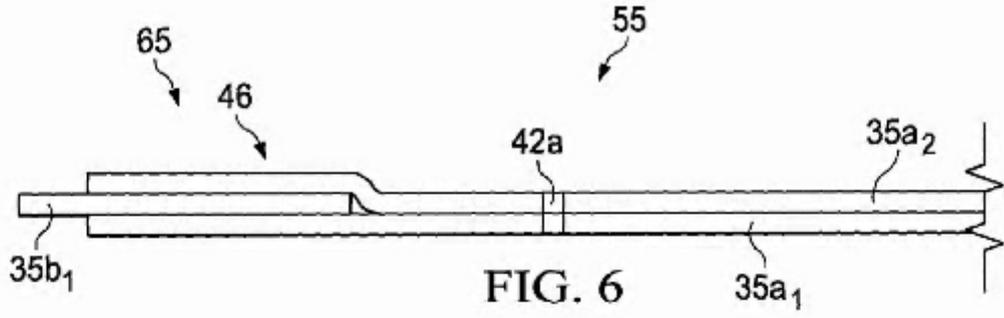


FIG. 4



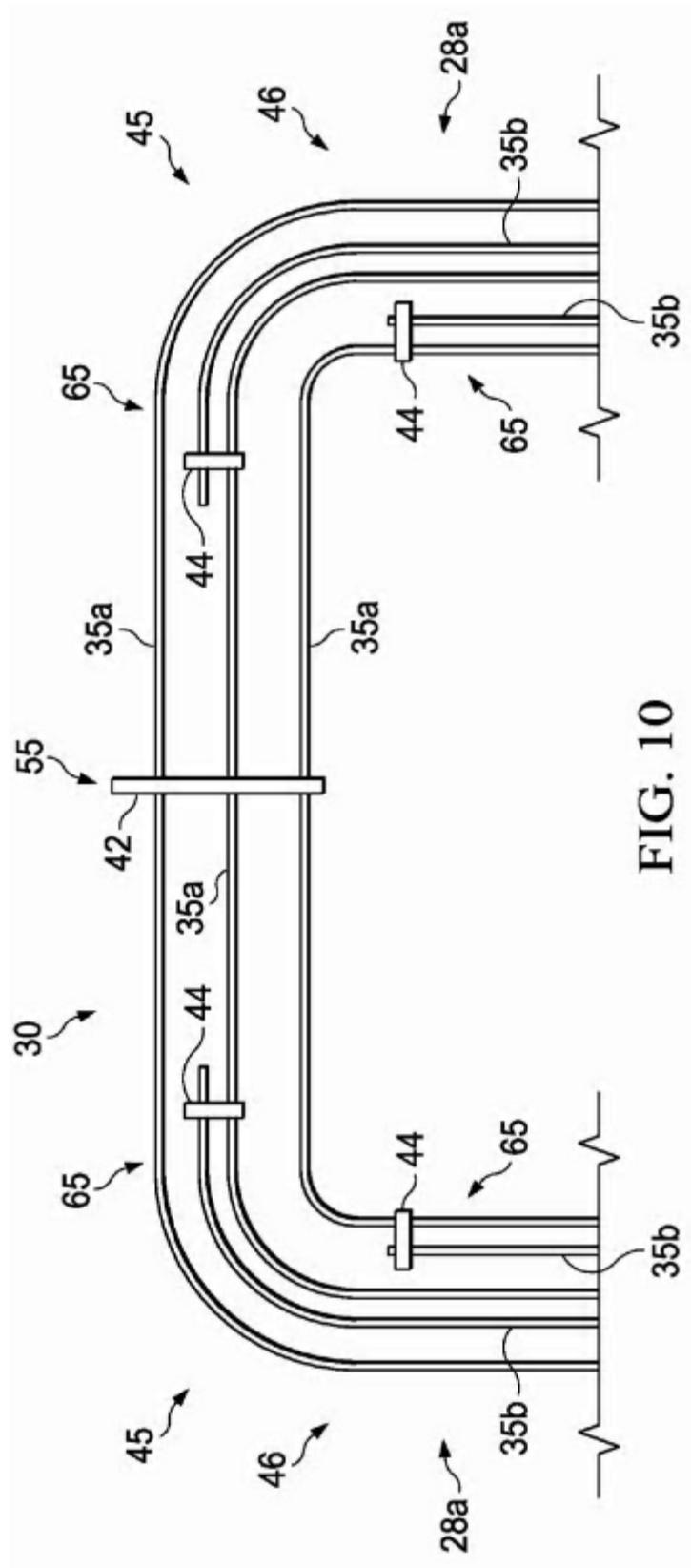


FIG. 10

FIG. 11

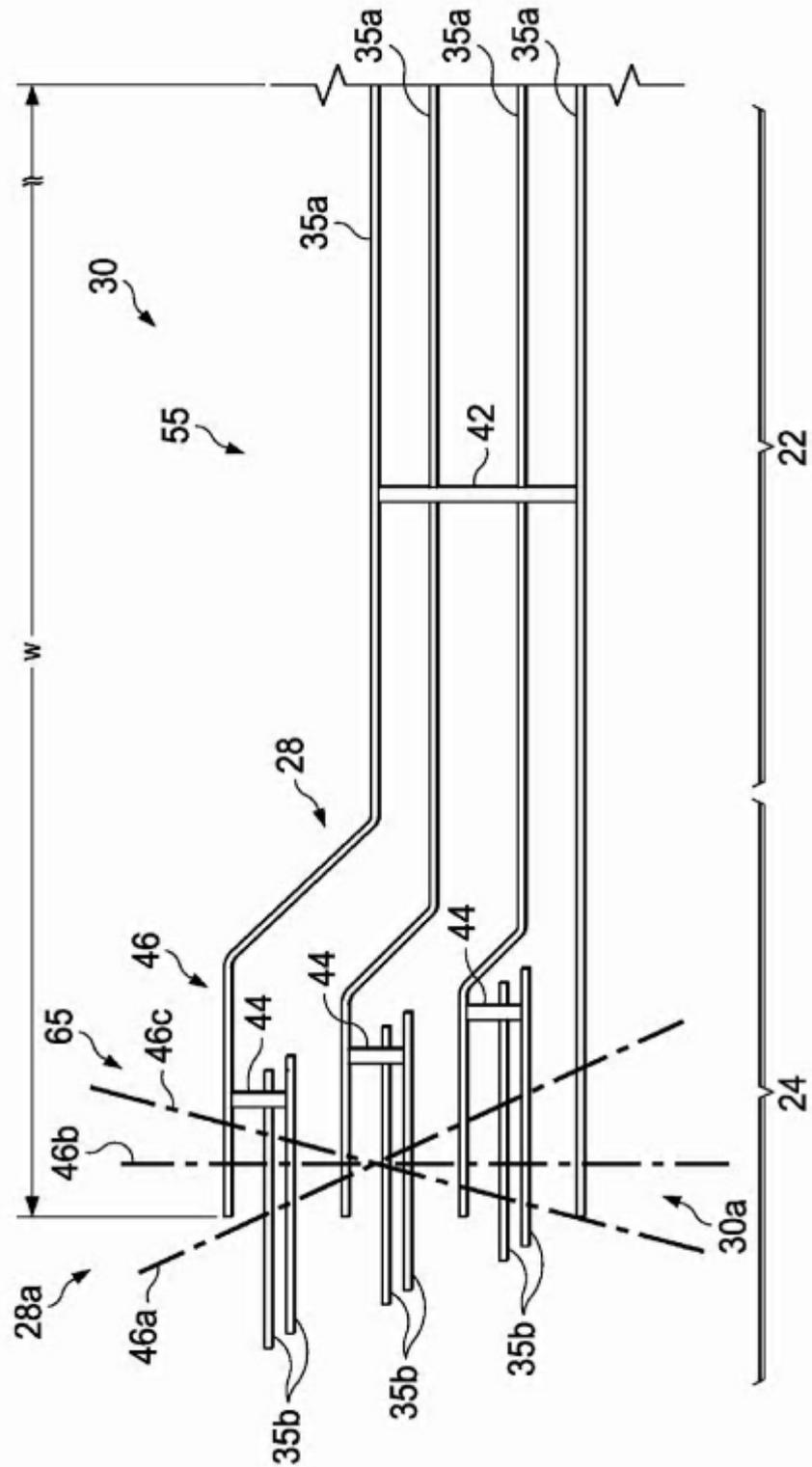
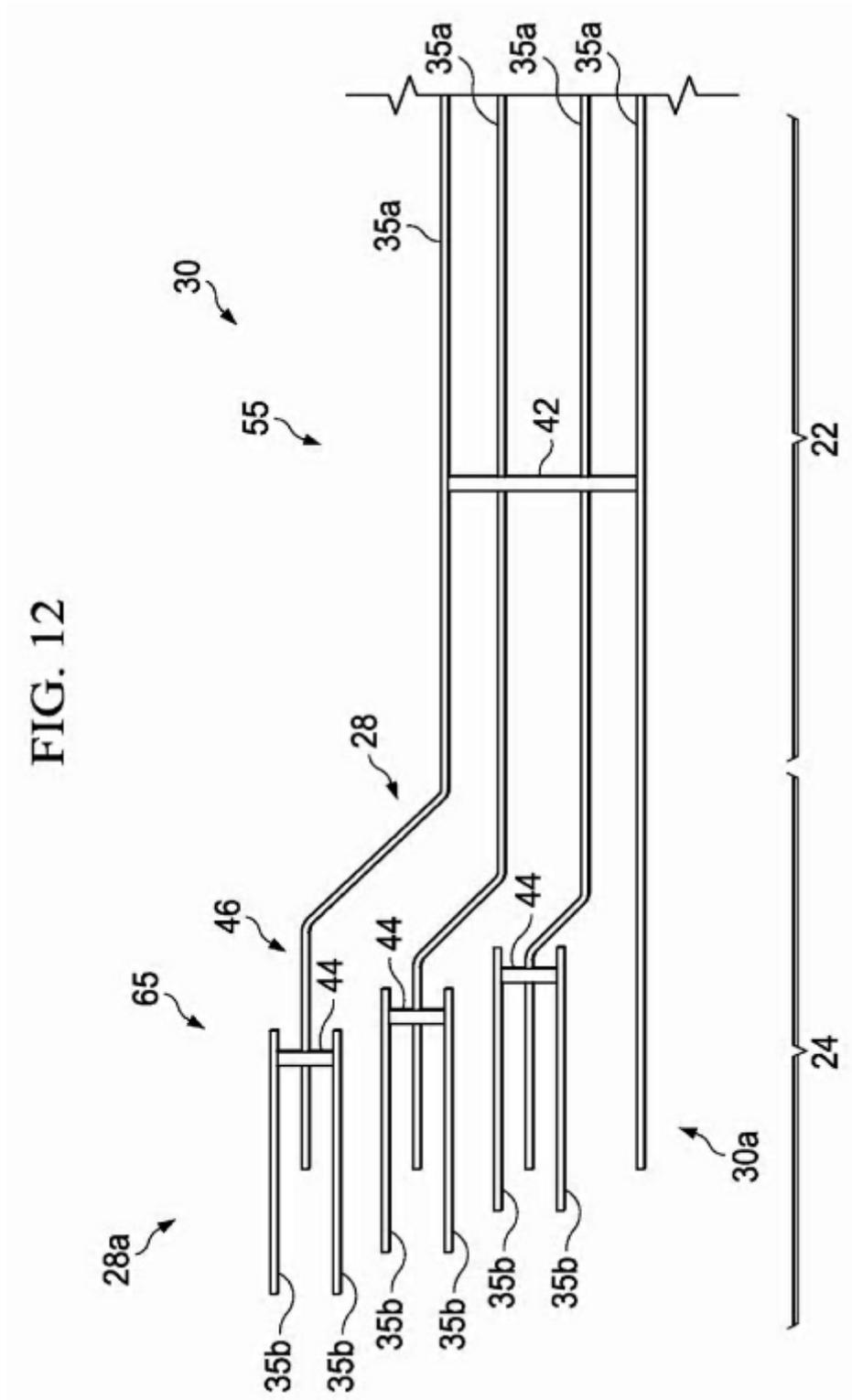


FIG. 12



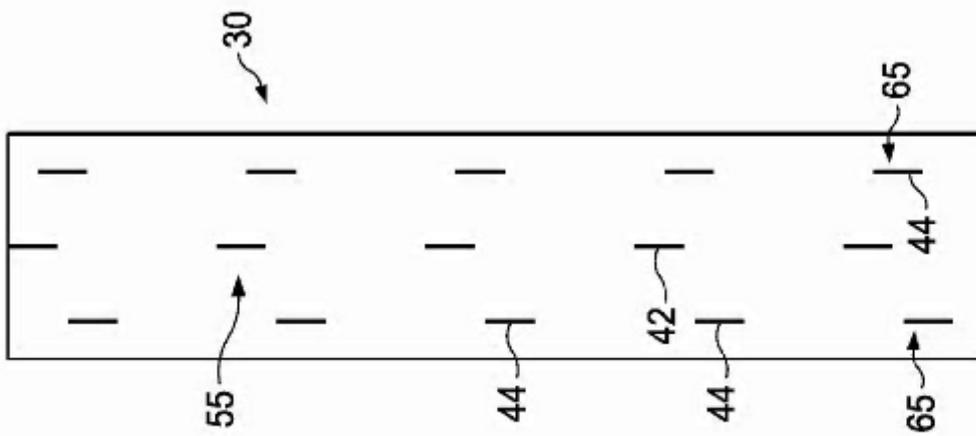


FIG. 13

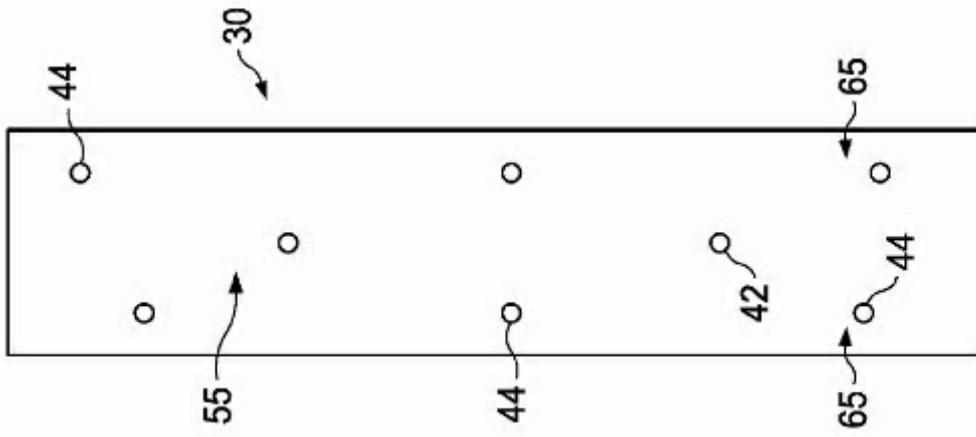


FIG. 14

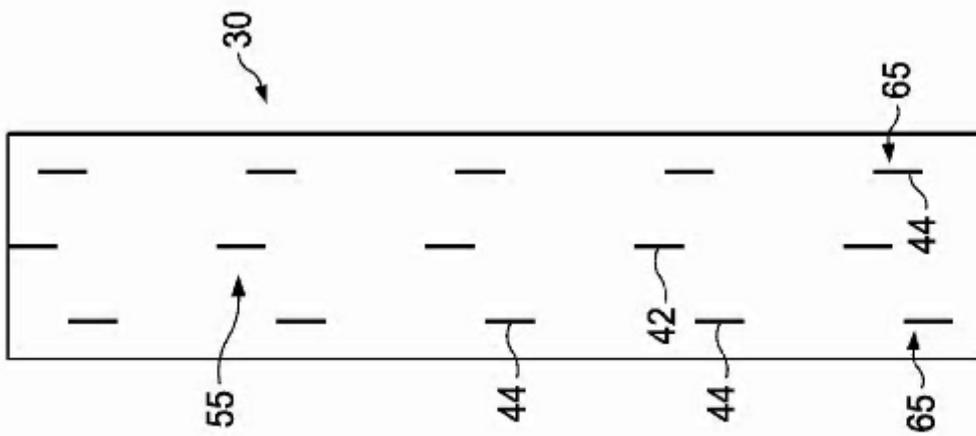


FIG. 15

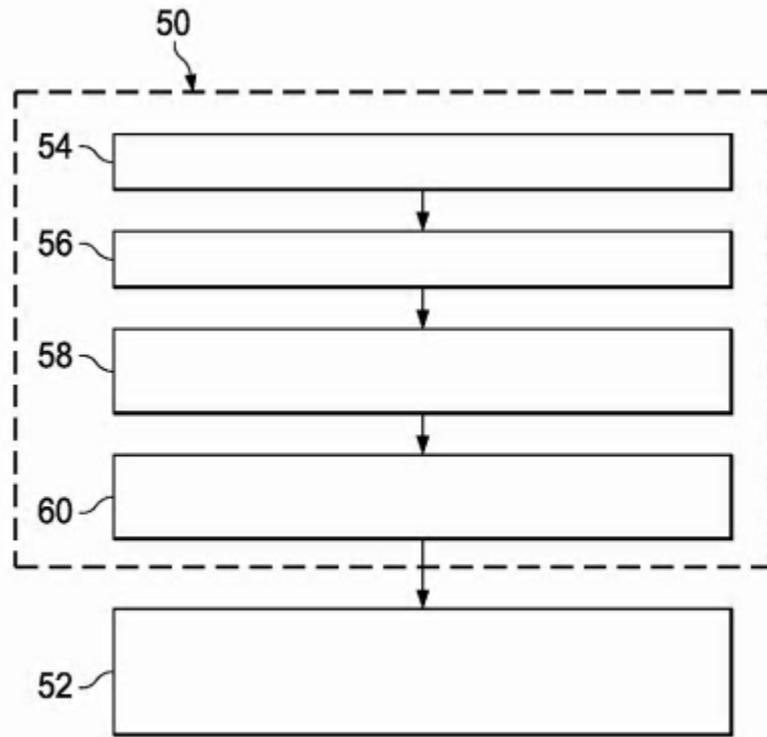


FIG. 16

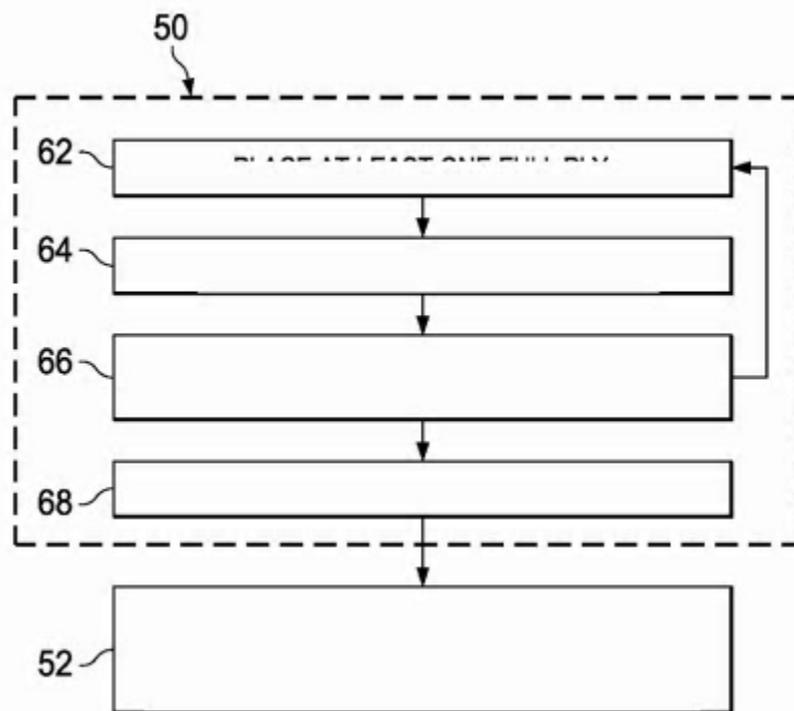
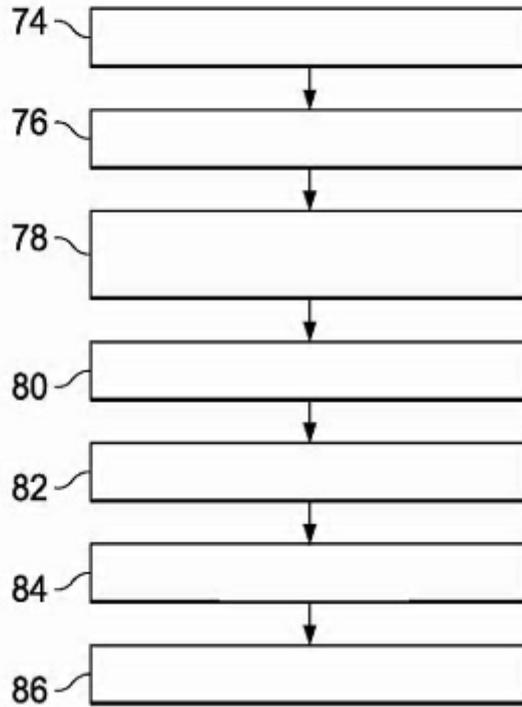


FIG. 17

FIG. 18 70



72 FIG. 19

