

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 770 020**

51 Int. Cl.:

**B29C 73/00** (2006.01)

**B32B 7/02** (2009.01)

**B32B 5/14** (2006.01)

**B32B 7/12** (2006.01)

**F16B 11/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **26.01.2015 PCT/US2015/012897**

87 Fecha y número de publicación internacional: **05.11.2015 WO15167630**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **26.01.2015 E 15703197 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.11.2019 EP 3137288**

54 Título: **Elemento de parcheo unido estructural con diseño adhesivo cónico**

30 Prioridad:  
**01.05.2014 US 201414267220**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**30.06.2020**

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

72 Inventor/es:  
**DAN-JUMBO, EUGENE A.**

74 Agente/Representante:  
**CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel**

ES 2 770 020 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**

Elemento de parcheo unido estructural con diseño adhesivo cónico

**Información sobre antecedentes**

**1. Campo:**

5 La presente divulgación se refiere, en general, a estructuras compuestas y, en particular, a estructuras compuestas de reprocesado. Todavía más particularmente, la presente divulgación se refiere a un método y aparato para reprocesar zonas inconsistentes de estructuras compuestas usando un elemento de parcheo con un diseño adhesivo cónico.

**2. Antecedentes:**

10 En ocasiones, las estructuras compuestas presentan zonas localizadas que contienen una o más inconsistencias que pueden requerir un reprocesado con el fin de hacer que la estructura se encuentre dentro de tolerancias de diseño. Estas inconsistencias pueden incluir, por ejemplo, sin limitación, una grieta, delaminación, y otros tipos de inconsistencias formadas durante la vida útil de una estructura compuesta.

15 A menudo, una zona inconsistente de una estructura compuesta se reprocesa usando un elemento de parcheo. Este elemento de parcheo puede comprender materiales compuestos, metales, o una combinación de los mismos. Pueden usarse diferentes tipos de técnicas para reprocesar la estructura compuesta usando el elemento de parcheo.

20 Por ejemplo, un elemento de parcheo puede colocarse sobre la zona inconsistente y fijarse a la estructura principal usando elementos de sujeción mecánica. El estado del elemento de parcheo puede monitorizarse a lo largo del tiempo inspeccionando visualmente los elementos de sujeción.

En otros casos, un elemento de parcheo de reprocesado puede fijarse a una estructura principal usando una junta unida. Esta técnica también puede requerir el uso de elementos de sujeción mecánica que proporcionan trayectorias de carga secundarias que forman un mecanismo de detención para limitar el crecimiento de una inconsistencia.

25 Estos tipos de técnicas de parcheo, sin embargo, pueden no comportarse según lo deseado cuando la estructura compuesta es una estructura de aeronave. Por ejemplo, el uso de elementos de sujeción puede aumentar el peso de la aeronave, la resistencia sobre la aeronave, o ambas más de lo deseado. Como otro ejemplo, un elemento de parcheo unido puede no reducir la dispersión de la inconsistencia de la manera deseada. Por tanto, sería deseable contar con un método y aparato que tengan en consideración al menos algunos de los problemas comentados anteriormente, así como otros posibles problemas.

30 El documento WO 2010/104676A1 da a conocer un elemento de parcheo para reprocesar una zona inconsistente de una estructura compuesta que comprende un elemento de parcheo laminado compuesto y una junta de unión entre el elemento de parcheo y la estructura. La junta de unión incluye al menos regiones primera y segunda que tienen, respectivamente, propiedades diferentes para liberar energía de tensión alrededor de la zona inconsistente a diferentes tasas.

**35 Sumario**

La divulgación proporciona un método y aparato para reprocesar una zona inconsistente de una estructura. La estructura puede presentar la forma de una estructura compuesta usada en aeronaves. En algunos casos, la estructura también puede ser una estructura de metal.

40 Un elemento de parcheo se une a la zona inconsistente de la estructura. El elemento de parcheo tiene dos o más regiones con diferentes propiedades estructurales. Se colocan secciones adhesivas cónicas entre el elemento de parcheo y la estructura. Estas secciones adhesivas cónicas también tienen diferentes propiedades estructurales. Por ejemplo, las secciones adhesivas cónicas pueden tener diferentes constantes cinemáticas, constantes elásticas, constantes constitutivas, tenacidad frente a fracturas entre láminas, o una combinación de las mismas.

45 Tanto las regiones de elemento de parcheo como las secciones adhesivas cónicas pueden adaptarse para reducir la tasa de liberación de energía de tensión en la zona límite inconsistente de manera más eficaz que los elementos de parcheo que usan elementos de sujeción o juntas unidas sin secciones adhesivas cónicas. La propagación de una grieta puede reducirse o eliminarse. De esta manera, el elemento de parcheo con las secciones adhesivas cónicas aumenta sustancialmente la tolerancia frente a daños y la durabilidad de la estructura durante toda la vida útil de la aeronave. Como resultado, el adhesivo cónico aumenta la vida útil del elemento de parcheo y reduce la frecuencia de reprocesado en la zona inconsistente.

50 Las características y funciones pueden lograrse de manera independiente en diversas realizaciones de la presente divulgación o pueden combinarse en todavía otras realizaciones en las que pueden observarse detalles adicionales con referencia a la siguiente descripción y dibujos.

**Breve descripción de los dibujos**

- La figura 1 es una ilustración de un elemento de parcheo de reprocesado unido a una estructura compuesta según una realización ilustrativa;
- 5 la figura 2 es una ilustración de una vista en sección de un elemento de parcheo de reprocesado unido a una estructura compuesta según una realización ilustrativa;
- las figuras 3, 3A, 3B, y 3C son ilustraciones de una vista en planta de una capa adhesiva según una realización ilustrativa;
- la figura 4 es una ilustración de una vista en sección de una capa adhesiva según una realización ilustrativa;
- 10 la figura 5 es una ilustración de una vista en planta de un elemento de parcheo de reprocesado compuesto que forma parte de un elemento de parcheo de reprocesado según una realización ilustrativa;
- la figura 6 es una ilustración de una vista en sección de un elemento de parcheo de reprocesado compuesto que forma parte de un elemento de parcheo de reprocesado según una realización ilustrativa;
- la figura 7 es una ilustración de una vista en sección de un elemento de parcheo laminado adaptado dividida en regiones que tienen una tenacidad entre láminas diferente según una realización ilustrativa;
- 15 la figura 8 es una ilustración de una tabla que muestra una disposición de pliegos para diferentes regiones de un elemento de parcheo laminado adaptado según una realización ilustrativa;
- la figura 9 es una ilustración de una vista en planta que ilustra pliegos en un elemento de parcheo laminado según una realización ilustrativa;
- 20 la figura 10 es una ilustración de una vista en planta que ilustra pliegos en un elemento de parcheo laminado según una realización ilustrativa;
- la figura 11 es una ilustración de una vista en planta que ilustra pliegos en un elemento de parcheo laminado según una realización ilustrativa;
- la figura 12 es una ilustración de una vista en planta que ilustra pliegos en un elemento de parcheo laminado según una realización ilustrativa;
- 25 la figura 13 es una ilustración de una vista en planta de un elemento de parcheo de reprocesado que ilustra una trayectoria de propagación habitual de una separación según una realización ilustrativa;
- la figura 14 es una ilustración de una vista en sección que muestra una progresión de separación a través de regiones de un elemento de parcheo según una realización ilustrativa;
- 30 la figura 15 es una ilustración de una vista en sección que muestra una progresión de separación a través de regiones de un elemento de parcheo según una realización ilustrativa;
- la figura 16 es una ilustración de una vista en sección que muestra una progresión de separación a través de regiones de un elemento de parcheo según una realización ilustrativa;
- la figura 17 es una ilustración de un diagrama de flujo de un procedimiento para reprocesar zonas de una estructura compuesta que contiene inconsistencias usando un elemento de parcheo según una realización ilustrativa;
- 35 la figura 18 es una ilustración de una aeronave según una realización ilustrativa;
- la figura 19 es una ilustración de un diagrama de bloques de un entorno de reprocesado según una realización ilustrativa;
- la figura 20 es una ilustración de un elemento de parcheo de reprocesado de componente unido según una realización ilustrativa;
- 40 la figura 21 es una ilustración de una vista en sección local de una sección adhesiva cónica según una realización ilustrativa;
- la figura 22 es una ilustración de una gráfica del esfuerzo de tensión entre láminas fuera de plano en el interior de un elemento de parcheo unido según una realización ilustrativa;
- 45 la figura 23 es una ilustración de una gráfica de la distribución de esfuerzo de cizalladura entre láminas en el interior de un elemento de parcheo unido según una realización ilustrativa;
- la figura 24 es una ilustración de una vista en sección global de un elemento de parcheo de reprocesado compuesto

unido a una estructura compuesta según una realización ilustrativa;

la figura 25 es una ilustración de un elemento de parcheo de reprocesado compuesto unido según una realización ilustrativa;

5 la figura 26 es una ilustración de un diagrama de flujo de un procedimiento para reprocesar una estructura compuesta usando un sistema de parcheo con secciones adhesivas cónicas según una realización ilustrativa;

la figura 27 es una ilustración de un diagrama de bloques de un método de fabricación y servicio de aeronave según una realización ilustrativa; y

la figura 28 es una ilustración de un diagrama de bloques de una aeronave en la que puede implementarse una realización ilustrativa.

10 Se observa que las realizaciones representadas en las figuras 1-19 y las figuras 24-38 no se realizan según la invención tal como se define en las reivindicaciones.

### Descripción detallada

La presente invención se define en las reivindicaciones adjuntas.

15 Las realizaciones ilustrativas reconocen y tienen en consideración una o más consideraciones diferentes. Por ejemplo, las realizaciones ilustrativas reconocen y tienen en consideración que puede ser deseable reducir o eliminar la extensión de una inconsistencia en una estructura de aeronave. Como ejemplo, las realizaciones ilustrativas reconocen y tienen en consideración que puede ser deseable proporcionar un elemento de parcheo para una zona inconsistente en una estructura de aeronave compuesta que no se separe durante la vida útil de la aeronave. En este ejemplo ilustrativo, "separar" se puede referir a la separación del elemento de parcheo y las capas de unión entre el elemento de parcheo y la estructura compuesta subyacente.

20 Además, las realizaciones ilustrativas reconocen y tienen en consideración que puede ser deseable reducir tensiones en el elemento de parcheo, la estructura compuesta, o ambas para impedir sustancialmente que la inconsistencia se extienda dentro de la estructura compuesta. Por ejemplo, sin limitación, las realizaciones ilustrativas reconocen y tienen en consideración que puede ser deseable diseñar el elemento de parcheo y las capas adhesivas subyacentes para liberar la energía de tensión de una manera deseada para impedir sustancialmente que una grieta se extienda a través de la estructura compuesta.

25 Por tanto, las realizaciones ilustrativas proporcionan un método y aparato para reprocesar una estructura. La estructura puede ser una estructura compuesta para una aeronave. Un aparato comprende un elemento de parcheo de reprocesado compuesto y una pluralidad de capas adhesivas. El elemento de parcheo de reprocesado compuesto incluye un primer lado que tiene un contorno que se adapta a una zona inconsistente en una estructura compuesta. El elemento de parcheo de reprocesado compuesto comprende una pluralidad de regiones que tienen diferentes propiedades estructurales. La pluralidad de capas adhesivas se ubica en el primer lado del elemento de parcheo. La pluralidad de capas adhesivas cambia de grosor dentro de al menos una región del elemento de parcheo de reprocesado compuesto para formar secciones adhesivas cónicas.

30 Ahora, haciendo referencia a las figuras y, en particular, a las figuras 1 y 2, se usa un elemento 30 de parcheo de reprocesado compuesto para reprocesar una zona 22 inconsistente en una estructura 24 compuesta. Tal como se usa en el presente documento, "zona inconsistente", "inconsistencia" e "inconsistencias" se refieren, cada una, a una zona localizada en la estructura 24 compuesta que puede encontrarse fuera de tolerancias diseñadas. La zona 22 inconsistente puede comprender, por ejemplo, sin limitación, un hueco, un dentado, o una porosidad que puede producirse en el momento en que se fabrica la estructura 24 compuesta, o después durante la vida útil de la estructura 24 compuesta.

35 El elemento 30 de parcheo de reprocesado compuesto comprende una capa 32 laminada que se superpone a la zona 22 inconsistente y se une a la estructura 24 compuesta mediante una capa 34 adhesiva que comprende un adhesivo estructural que forma una junta 42 de unión. El tamaño del elemento 30 de parcheo de reprocesado compuesto puede variar con la aplicación y las dimensiones de la zona 22 inconsistente.

40 La capa 34 adhesiva divide la junta 42 de unión y la zona 22 inconsistente en regiones 36, 38, 40 de control primera, segunda y tercera, respectivamente, que pueden proporcionar una reducción fluida de las cargas de transición transmitidas entre la estructura 24 compuesta y el elemento 30 de parcheo de reprocesado compuesto. La primera región 36 de control se ubica de manera céntrica sobre la zona 22 inconsistente, y las regiones 38, 40 de control segunda y tercera pueden comprender, respectivamente, un par de anillos sustancialmente concéntricos que rodean la primera región 36 de control ubicada de manera céntrica.

Aunque se muestran las regiones 36, 38, 40 de control como siendo generalmente circulares en una realización ilustrativa, pueden formarse una variedad de formas diferentes. Asimismo, en otras realizaciones, el elemento 30 de parcheo de reprocesado compuesto puede solo tener dos regiones de control, o puede tener más de tres regiones

de control, tal como se muestra en la figura 22.

La primera región 36 de control puede mostrar tensiones adhesivas dentro de plano favorables. La segunda región 38 de control puede denominarse "región de durabilidad" y cualquier separación dentro de esta región entre la capa 32 laminada y la estructura 24 compuesta puede requerir su evaluación y cuantificación con el fin de determinar si debe realizarse un reprocesado. La tercera región 40 de control, que puede estar dominada por momentos de desgarro y cizalladura dentro de plano, puede afectar al comportamiento de toda la unión estructural entre la capa 32 laminada y la estructura 24 compuesta.

Ahora, haciendo referencia en particular a las figuras 2-4, la capa 34 adhesiva puede comprender una primera sección 44 adhesiva central rodeada por secciones 46 y 48 adhesivas segunda y tercera concéntricas con forma de anillo. El tamaño y forma de las secciones 44, 46, 48 adhesivas primera, segunda y tercera corresponde, generalmente, a las regiones 36, 38, 40 de control primera, segunda y tercera, respectivamente, del elemento 30 de parcheo de reprocesado compuesto. Cada una de las secciones 44, 46, 48 adhesivas primera, segunda y tercera puede comprender uno o más pliegos de un adhesivo estructural disponible comercialmente que generalmente se encuentra disponible en formato de película o lámina que puede cortarse con la forma deseada.

Las secciones 44, 46, 48 adhesivas primera, segunda y tercera también pueden formarse a partir de una masa de adhesivo estructural disponible comercialmente. Tal como se comentó anteriormente, múltiples pliegos (no se muestran), o capas, del material laminado adhesivo pueden estratificarse para formar un grosor "t" deseado para cada una de las secciones 44, 46, 48 adhesivas primera, segunda y tercera. La resistencia de la unión puede adaptarse usando el grosor "t" entre la capa 32 laminada y la estructura 24 compuesta. En algunas aplicaciones puede solo requerirse un único pliego de material laminado adhesivo, mientras que, en otras aplicaciones, puede ser necesario más de un pliego, dependiendo de la aplicación y el grosor de la lámina adhesiva.

Pueden formarse huecos circunferenciales "g" entre las secciones 44, 46, 48 adhesivas primera, segunda y tercera para ayudar a detener el crecimiento de una posible separación entre la capa 32 laminada y la estructura 24 compuesta. Un elemento 50 de relleno puede colocarse en uno o ambos de los huecos "g" para ayudar en la detención.

Las propiedades de cada una de las secciones 44, 46, 48 adhesivas primera, segunda y tercera pueden adaptarse en una manera que afecta a la tasa a la que las regiones 36, 38, 40 de control primera, segunda y tercera de la junta 42 de unión, respectivamente, liberan la energía de tensión. La adaptación de cada una de las secciones 44, 46, 48 adhesivas primera, segunda y tercera puede lograrse alterando las dimensiones de las secciones 44, 46, 48 adhesivas primera, segunda y tercera, respectivamente, tal como el grosor "t" o la anchura "w", o alterando la forma de la película, masa, refuerzo, etc., así como alterando las propiedades estructurales de la capa adhesiva, tal como tenacidad frente a fracturas, propiedades de desgarro o cizalladura, o proporcionando el hueco "g" entre las secciones 44, 46, 48 adhesivas primera, segunda y tercera. Adicionalmente, un separador o el elemento 50 de relleno puede interponerse entre las secciones 44, 46, 48 adhesivas primera, segunda y tercera para ayudar en la detención del crecimiento de separación.

El uso de las secciones 44, 46, 48 adhesivas primera, segunda y tercera adaptadas puede dar como resultado un elemento 30 de parcheo de reprocesado compuesto unido que se divide en múltiples regiones 36, 38, 40 de control que liberan, respectivamente, energía de tensión a diferentes tasas. Las regiones 36, 38, 40 de control primera, segunda y tercera permiten una reducción fluida de cargas de transición entre el elemento 30 de parcheo y la estructura 24 compuesta, lo que no solo puede permitir la predicción de una ruta de extensión de separación, sino que puede permitir la evaluación del estado del elemento 30 de parcheo de reprocesado compuesto a través de una sencilla inspección visual, u otras técnicas de inspección no destructivas. Aunque se observan y comentan tres regiones de control, pueden estar presentes más o menos de tres regiones de control.

La primera región 36 de control del elemento 30 de parcheo de reprocesado compuesto que se superpone a la zona 22 inconsistente muestra tensiones dentro de plano favorables que pueden suprimir la concentración de tensión alrededor del límite de una separación de la junta 42 de unión. Las tensiones adhesivas globales dentro de la primera región 36 de control pueden reducir la tasa de liberación de energía de tensión necesaria para la extensión de una separación bajo límites de carga máximos aplicados a la estructura 24 compuesta.

Las características del elemento 30 de parcheo de reprocesado compuesto dentro de la segunda región 38 de control pueden dar como resultado la liberación de energía de tensión a una tasa mayor que la de la primera región 36 de control. Cualquier separación que pueda producirse en la junta 42 de unión dentro de la segunda región 38 de control puede anticiparse mediante una curva de separación de durabilidad de fatiga (no se muestra) que define la entrada de trabajo requerida para iniciar el crecimiento de separación. Las características de la tercera región 40 de control se seleccionan de manera que la tasa de liberación de energía de tensión dentro de la tercera región 40 de control es mayor que la de la segunda región 38 de control para desalentar la iniciación y crecimiento de separación, así como momentos de cizalladura y desgarro dentro de plano.

Ahora, la atención se dirige a las figuras 5 y 6 que ilustran una capa 32 laminada que comprende múltiples pliegos 52 de polímero reforzado con fibras en el que los pliegos 52 pueden adaptarse con el fin de ayudar a lograr que las

regiones 36, 38, 40 de control primera, segunda y tercera, respectivamente, tengan las tasas de liberación de energía de tensión deseadas.

5 La tasa de liberación de energía de tensión dentro de la capa 32 laminada puede adaptarse dentro de las regiones 36, 38, 40 de control seleccionando los pliegos, disponiendo los pliegos, o ambas de manera que los pliegos en cada una de las regiones 36, 38, 40 de control primera, segunda y tercera tienen diferentes características. Dicho de otro modo, cada una de las regiones 36, 38, 40 de control primera, segunda y tercera puede presentar características de pliegos que son únicas para esa región.

10 Por ejemplo, sin limitación, los pliegos en la segunda región 38 de control pueden presentar características que son diferentes de las de las regiones 36 o 40 de control primera o tercera, y los pliegos en la primera región 36 de control pueden presentar características que son diferentes de las de las regiones 38 y 40 de control segunda y tercera. Tal como se usa en el presente documento, "características" y "características de pliego" se refieren a, por ejemplo, sin limitación, al menos uno del tipo, tamaño, o cantidad de refuerzo con fibras en un pliego, grosor de pliego, huecos entre los pliegos, materiales, elementos o estructuras colocadas entre los pliegos, el número de pliegos, el tipo o densidad de la matriz usada en el pliego, la orientación de estratificación (ángulo) de cada pliego, la secuencia de orientaciones de pliego en un apilado de los pliegos, u otras características.

15 Tal como se usa en el presente documento, la frase "al menos uno de", cuando se usa con una lista de elementos, significa que pueden usarse diferentes combinaciones de uno o más de los elementos enumerados y solo uno de los elementos en la lista puede ser necesario. El elemento puede ser un objeto, cosa o categoría particular. Dicho de otro modo, "al menos uno de" significa que puede usarse cualquier combinación de elementos o número de elementos de la lista, pero no se requiere el uso de todos los elementos en la lista.

20 Por ejemplo, "al menos uno de elemento A, elemento B, y elemento C" puede significar elemento A; elemento A y elemento B; elemento B; elemento A, elemento B, y elemento C; o elemento B y elemento C. En algunos casos, "al menos uno de elemento A, elemento B, y elemento C" puede significar, por ejemplo, sin limitación, dos del elemento A, uno del elemento B, y diez del elemento C; cuatro del elemento B y siete del elemento C; o alguna otra combinación adecuada.

25 La tasa de liberación de energía de tensión dentro de una o más de las regiones 36, 38, 40 de control primera, segunda y tercera puede adaptarse formando una junta biselada o cónica (no se muestra) entre la capa 32 laminada y la estructura 24 compuesta. La tasa de liberación de energía de tensión también puede adaptarse proporcionando huecos (no se muestran) en determinadas zonas entre los pliegos 52 de una manera que pueda alterar las propiedades mecánicas de la capa 32 laminada en cada una de las regiones 36, 38, 40 de control primera, segunda y tercera.

30 Asimismo, pueden ser deseables unas secuencias de orientación diferentes de los pliegos 52 con el fin de ayudar a lograr las regiones 36, 38, 40 de control primera, segunda y tercera definidas. La orientación se refiere al ángulo o dirección de estratificación de las fibras de refuerzo en un pliego desde un eje central del pliego. Por ejemplo, sin limitación, los ángulos de las fibras de refuerzo en cada región pueden seleccionarse de uno de 0°, 30°, 60°, 90°, 0°, +45°, -45°, 90, y otros ángulos adecuados.

35 En el ejemplo ilustrado en las figuras 5 y 6, los materiales usados en los pliegos 52, las secuencias de orientación de pliegos 52, o ambas dentro de la primera región 36 de control dan como resultado la tasa más alta de liberación de tensión. La selección de estos materiales, secuencias de orientación de pliegos, o ambas en la segunda región 38 de control y la tercera región 40 de control da como resultado las tasas de liberación de energía de tensión intermedia y más baja, respectivamente. En otras realizaciones, dependiendo de la aplicación, la tercera región 40 de control puede presentar la liberación de tasa de energía de tensión más alta, mientras que la primera región 36 de control presenta la liberación de tasa de energía de tensión más baja. Dicho de otro modo, los pliegos 52 en cada región pueden configurarse en una manera diferente a la mostrada en el presente documento.

40 Ahora, la atención se dirige a la figura 7 que ilustra un elemento 32a de parcheo laminado adaptado habitual que comprende ocho pliegos 52 de polímero reforzado con fibras, antes de compactarse y curarse para dar una estructura laminada consolidada. Cuando se observa en planta, la forma del elemento 32a de parcheo laminado adaptado, incluyendo las regiones 36, 38, 40 de control primera, segunda y tercera, puede ser sustancialmente la misma que la del elemento 32 de parcheo de reprocesado compuesta ilustrada en la figura 5. Los pliegos 52 que forman el elemento 32a de parcheo laminado adaptado pueden denominarse pliegos n.º 1-n.º 8. La figura 8 es una tabla que ilustra las orientaciones de pliegos para el elemento 32a de parcheo laminado dentro de las regiones 36, 38, 40 de control primera, segunda y tercera para cada uno de los pliegos n.º 1-n.º 8, mientras que las figuras 9-12 muestran las secciones constitutivas de los pliegos 1-4.

45 Tal como se mencionó anteriormente en relación con las figuras 5 y 6, las características de los pliegos 52 pueden ser diferentes en cada una de las regiones 36, 38, 40 de control primera, segunda y tercera. La tasa de liberación de energía de tensión en las regiones 36, 38, y 40 primera, segunda y tercera se refiere al módulo o rigidez que define la tenacidad entre láminas del elemento 32a de parcheo laminado adaptado en las regiones 36, 38, 40 de control primera, segunda y tercera respectivas.

En el ejemplo ilustrativo, la primera región 36 de control tiene la tenacidad frente a fracturas entre láminas más alta, mientras que la tercera región 40 de control tiene la tenacidad frente a fracturas entre láminas más baja. En un ejemplo representado, la tenacidad frente a fracturas entre láminas de la tercera región 40 de control puede encontrarse entre aproximadamente 0,5 y 1,0 in-n.<sup>o</sup>/in<sup>2</sup>. La tenacidad frente a fracturas entre láminas de la segunda región 38 de control puede encontrarse entre aproximadamente 1,5 y 2,0 in-n.<sup>o</sup>/in<sup>2</sup>. La primera región 36 de control puede tener una tenacidad frente a fracturas entre láminas igual a o mayor de aproximadamente 2,5 in-n.<sup>o</sup>/in<sup>2</sup>.

En otros ejemplos ilustrativos, sin embargo, la tercera región 40 de control puede tener la tenacidad frente a fracturas entre láminas más alta y la primera región 36 de control puede tener la tenacidad frente a fracturas entre láminas más baja. En este caso, la tenacidad frente a fracturas entre láminas de la segunda región 38 de control puede encontrarse entre la de las regiones 36, 40 de control primera y tercera, respectivamente.

Los valores particulares de la tenacidad frente a fracturas entre láminas para las regiones 36, 38, 40 de control primera, segunda y tercera dependerá de la aplicación y las propiedades mecánicas particulares de los pliegos 52 que están presentes dentro de las regiones 36, 38, 40 de control primera, segunda y tercera. Además, los valores para la tenacidad frente a fracturas entre láminas dentro de las regiones 36, 38, 40 de control primera, segunda y tercera pueden adaptarse a las propiedades de la capa 34 adhesiva tal como se muestra en las figuras 3, 3A, 3B, y 3C. Por ejemplo, el elemento de parcheo puede configurarse de manera que las propiedades mecánicas de las secciones 44, 46, 48 de la capa 34 adhesiva y las propiedades mecánicas del elemento 32a de parcheo laminado adaptado dentro de las regiones 36, 38, 40 de control primera, segunda y tercera se hacen coincidir de manera adecuada para proporcionar un máximo rendimiento. Aunque no se muestran en la figura 7, las secciones 44, 46, 48 adhesivas primera, segunda y tercera de la capa 34 adhesiva, respectivamente, subyacen y pueden extenderse sustancialmente de manera conjunta con las regiones 36, 38, 40 de control primera, segunda y tercera del elemento 32a de parcheo laminado.

Tal como se comentó anteriormente, la tenacidad frente a fracturas entre láminas dentro de las regiones 36, 38, 40 de control primera, segunda y tercera puede controlarse usando diferentes materiales previamente impregnados en los pliegos 52, solapando los pliegos 52 entre regiones adyacentes de las regiones 36, 38, 40 de control primera, segunda y tercera, usando diferentes secuencias de orientación de pliegos dentro de cada una de las regiones 36, 38, 40 de control primera, segunda y tercera, o una combinación de los mismos. Por ejemplo, la figura 8 ilustra diferentes secuencias de orientación de pliegos para los pliegos n.<sup>o</sup> 1-n.<sup>o</sup> 8 dentro de cada una de las regiones 36, 38, 40 de control primera, segunda y tercera.

Puede observarse, por ejemplo, que al comparar las secuencias de orientación de los pliegos 52 para las regiones 38, 40 de control segunda y tercera, respectivamente, el pliego n.<sup>o</sup> 4 y el pliego n.<sup>o</sup> 5 están orientados formando un ángulo de 90° en la tercera región 40 de control, pero tienen una orientación de 0° en la segunda región 38 de control. Tal como se mencionó anteriormente, la orientación de pliegos se refiere a la dirección de orientación de fibras de refuerzo unidireccionales contenidas en una matriz polimérica, habitualmente un material previamente impregnado, que forma cada uno de los pliegos 52. La secuencia de orientaciones de los pliegos n.<sup>o</sup> 1-n.<sup>o</sup> 8 para la primera región 36 de control es diferente de la secuencia de orientaciones para cualquiera de las regiones 38, 40 de control segunda o tercera.

Ahora, haciendo referencia a las figuras 7 y 9-12, el pliego n.<sup>o</sup> 1 comprende una única sección 51 con forma circular, tal como se muestra en la figura 9, que tiene una orientación de fibras de 0° grados con respecto a una dirección 69 de referencia de orientación, que se extiende a través de todas las regiones 36, 38, 40 de control primera, segunda y tercera. El pliego n.<sup>o</sup> 2 incluye una sección 53 central circular, mostrada en la figura 10, que tiene una orientación de fibras de +45°. El pliego n.<sup>o</sup> 2 también tiene una sección 55 exterior con forma de anillo que tiene una orientación de fibras de 90°. Como resultado de la configuración del pliego n.<sup>o</sup> 2, la región 36 de control tiene orientaciones de fibras combinadas de 90° y +45° grados, mientras que ambas regiones 38 y 40 de control tienen unas orientaciones de fibras de 90°.

El pliego n.<sup>o</sup> 3 comprende una única sección 57 (figura 11) dentro de la primera región 36 de control que tiene una orientación de fibras de -45°, mientras que en las regiones 38 y 40 de control segunda y tercera están presentes los huecos 49 (figura 7). Finalmente, el pliego n.<sup>o</sup> 4 (figura 12) comprende una sección 59 que tiene una orientación de fibras de 0° que se extiende por la totalidad de las regiones 36, 38 de control primera y segunda. La sección 59 está rodeada por una sección 61 que tiene una orientación de fibras de 90° que está confinada a la tercera región 40 de control. Los pliegos n.<sup>o</sup> 5-8, mostrados en la figura 7, son, esencialmente, una imagen espejo de los pliegos n.<sup>o</sup> 1-4, descritos anteriormente.

En este ejemplo ilustrativo, cada una de las regiones 36, 38, 40 de control primera, segunda y tercera presenta una tenacidad frente a fracturas entre láminas diferente en el elemento 32a de parcheo laminado adaptado, la junta 42 de unión, o ambas (figura 2). La tenacidad frente a fracturas entre láminas dentro de las regiones 36, 38, 40 de control primera, segunda y tercera del elemento 32a de parcheo laminado adaptado puede estar configurada para complementar las tensiones adhesivas globales en la junta 42 de unión para contener y resistir al crecimiento de inconsistencias o bien en el elemento 32a de parcheo laminado adaptado o bien la junta 42 de unión.

La figura 13 ilustra la manera en la que puede detenerse una separación que comienza en el punto 60 en el borde

- 5 exterior de la tercera región 40 de control y que crece hacia dentro. La separación que comienza en el borde 54 exterior puede ilustrarse en este ejemplo como creciendo directamente hacia dentro, tal como se muestra en la dirección de la flecha 62, hasta que se alcanza el límite 64 entre las regiones 38, 40 de control segunda y tercera. Como resultado de al menos una de la diferencia en los materiales en las regiones 36, 38, 40 de control primera, segunda y tercera, la presencia de un hueco "g" o elemento 50 de relleno (figura 4), o la diferencia en las propiedades adhesivas de las secciones 44, 46, 48 adhesivas primera, segunda y tercera de la capa 34 adhesiva (figura 2), se detiene la separación y puede moverse circunferencialmente, tal como se muestra en la dirección de la flecha 63, alrededor del límite 64 de la tercera región 40 de control.
- 10 En otro ejemplo ilustrativo, la separación puede avanzar de la tercera región 40 de control y hacia la segunda región 38 de control, entonces avanzar hacia dentro hacia la primera región 36 de control, tal como se indica por la flecha 66. Cuando la progresión de la separación alcanza el límite 67 entre las regiones 36, 38 de control primera y segunda, se detiene y puede moverse circunferencialmente alrededor del límite 67 tal como se indica por la flecha 68.
- 15 Haciendo referencia a las figuras 13 y 14, a medida que la separación 72 se mueve hacia dentro desde el punto 60, el borde 54 exterior del elemento de parcheo de reprocesado compuesto puede desgarrarse hacia arriba. Este desgarro puede dar como resultado el agrietado de una parte de la pintura de cubierta (no se muestra), lo que proporciona una indicación visual de iniciación o crecimiento de separación dentro de la tercera región 40 de control. Esta indicación visual de una separación puede terminar en el límite 64 entre las regiones 38, 40 de control segunda y tercera.
- 20 Tal como se muestra en la figura 15, si la separación 72 continúa hacia la segunda región 38 de control hacia el límite 67, el elemento 30 de parcheo de reprocesado compuesto en la zona de las regiones 38, 40 de control segunda y tercera puede desgarrarse hacia arriba. La pintura de cubierta puede agrietarse adicionalmente y proporcionar una indicación visual de que la separación 72 ha avanzado hacia o a través de la segunda región 38 de control.
- 25 La figura 16 ilustra la separación 72 que ha avanzado hacia el límite 75 de la zona 22 inconsistente. En este punto, las zonas del elemento 30 de parcheo de reprocesado compuesto y la totalidad de las tres de las regiones 36, 38, 40 de control primera, segunda y tercera pueden desgarrarse hacia arriba para agrietar adicionalmente la pintura de cubierta. Esta acción proporciona una indicación visual incluso más obvia de que la separación ha avanzado hasta tal punto que el elemento 30 de parcheo de reprocesado compuesto puede requerir un reprocesado.
- 30 En este ejemplo ilustrativo, las regiones 36, 38, 40 de control primera, segunda y tercera del elemento 30 de parcheo de reprocesado compuesto proporcionan medios para permitir una inspección visual no destructiva del estado del elemento 30 de parcheo de reprocesado compuesto, incluyendo la junta 42 de unión entre el elemento 30 de parcheo de reprocesado compuesto y la estructura 24 compuesta. En otros ejemplos ilustrativos, pueden usarse otras técnicas de inspección no destructivas para evaluar el estado del elemento 30 de parcheo de reprocesado compuesto además de, o en lugar de, la inspección visual.
- 35 La figura 17 ilustra un diagrama de flujo de un procedimiento para reprocesar zonas de una estructura compuesta que contiene inconsistencias usando un elemento de parcheo. El elemento de parcheo usado puede adaptarse al elemento 32a de parcheo de reprocesado mostrado en la figura 7. La capa laminada está formada por una serie de etapas 74 que comienzan con la estratificación de pliegos en la etapa 78 usando una disposición de pliegos y una secuencia de orientación que pueden ser similares a las mostradas en las figuras 7 y 8.
- 40 Tal como se muestra en la etapa 80, los pliegos se dividen en múltiples regiones como parte de la estratificación de pliegos de la etapa 78. Asimismo, las regiones están dotadas de una tenacidad frente a fracturas entre láminas diferente tal como se muestra en la etapa 82, usando diferentes materiales y/u orientaciones de pliegos tal como se comentó anteriormente.
- 45 En la etapa 84, se forma una capa adhesiva, y en la etapa 86, la capa adhesiva se divide en múltiples secciones. Entonces, las regiones se alinean, tal como se muestra en la etapa 88, con las secciones de la capa adhesiva. La capa adhesiva se usa para unir el elemento de parcheo a una estructura, tal como se muestra en la etapa 90. En la etapa 92, el elemento de parcheo puede inspeccionarse visualmente a lo largo del tiempo para determinar el estado del elemento de parcheo en cada una de las regiones.
- 50 Con referencia a la figura 18, se representa una ilustración de una aeronave según una realización ilustrativa. En este ejemplo ilustrativo, una aeronave 100 tiene un ala 102 y un ala 104 conectadas a un cuerpo 106. La aeronave 100 incluye un motor 108 conectado al ala 102 y un motor 110 conectado al ala 104.
- El cuerpo 106 tiene una sección 112 de cola. Un estabilizador 114 horizontal, un estabilizador 116 horizontal, y un estabilizador 118 vertical se conectan a la sección 112 de cola del cuerpo 106.
- 55 En este ejemplo ilustrativo, el ala 104 incluye la estructura 24 compuesta. La estructura 24 compuesta presenta la forma de un panel de revestimiento compuesto en este ejemplo ilustrativo. Tal como se muestra, la zona 22 inconsistente está presente en la estructura 24 compuesta en el ala 104.



En este ejemplo representado, el elemento 119 de parcheo de reprocesado compuesto se usa para parchear la zona 22 inconsistente. El elemento 119 de parcheo de reprocesado compuesto incluye una primera región de control, una segunda región de control, y una tercera región de control. El elemento 119 de parcheo de reprocesado compuesto también incluye secciones adhesivas cónicas (no se muestran en esta vista). Estas secciones adhesivas cónicas se colocan entre el elemento 119 de parcheo de reprocesado compuesto y la zona 22 inconsistente para unir el elemento 119 de parcheo de reprocesado compuesto a la zona 22 inconsistente para reducir las fuerzas que actúan sobre la zona 22 inconsistente durante el funcionamiento de la aeronave 100.

Con referencia a la figura 19, se representa una ilustración de un diagrama de bloques de un entorno de reprocesado según una realización ilustrativa. En este ejemplo representado, un entorno 130 de reprocesado es un entorno en el que un sistema 132 de parcheo puede usarse para reprocesar partes de una aeronave 134.

La aeronave 100 mostrada en la figura 18 es un ejemplo de una implementación física para la aeronave 134 mostrada en esta figura. El elemento 30 de parcheo de reprocesado compuesto mostrado en las figuras 1-16 y el elemento 119 de parcheo de reprocesado compuesto mostrado en la figura 18 son ejemplos de implementaciones para el sistema 132 de parcheo en esta figura.

Tal como se representa, el sistema 132 de parcheo se usa para reprocesar una estructura 136 en la aeronave 134. La estructura 136 puede presentar diversas formas en este ejemplo ilustrativo. Por ejemplo, la estructura 136 puede ser una estructura 138 compuesta, una estructura 140 de metal, o presentar la forma de otro tipo de estructura en la aeronave 134. Específicamente, la estructura 136 en la aeronave 134 puede seleccionarse de una de una superficie de estructura de control, un panel de revestimiento estructural, una estructura de ala, un empenaje estructural, y otros tipos adecuados de estructuras.

En este ejemplo representado, la estructura 136 tiene una superficie 142. La superficie 142 está orientada hacia el exterior de la aeronave 134 en este ejemplo ilustrativo.

Una zona 144 inconsistente está presente en la estructura 136. La zona 22 inconsistente mostrada en las figuras 1-16 y la figura 18 es un ejemplo de una implementación para la zona 144 inconsistente mostrada en formato de bloque en esta figura. En algunos ejemplos ilustrativos, la zona 144 inconsistente puede extenderse por debajo de la superficie 142 hacia la estructura 136, a través de estructuras adicionales conectadas a la estructura 136, o ambas.

Tal como se muestra, la zona 144 inconsistente incluye una grieta 146. La grieta 146 es una separación en la estructura 136. Pueden estar presentes otras inconsistencias en la zona 144 inconsistente además de o en lugar de la grieta 146 en otros ejemplos ilustrativos.

En este ejemplo ilustrativo, la grieta 146 tiene una punta 148 de grieta en cada extremo de la grieta 146. Puede resultar deseable impedir sustancialmente que la grieta 146 se extienda dentro del límite de grieta en la superficie 142 de la estructura 136. En particular, puede resultar deseable impedir sustancialmente que la punta 148 de grieta en cada extremo de la grieta 146 se extienda más allá de la superficie 142 de la estructura 136.

En este ejemplo representado, el sistema 132 de parcheo puede usarse para reprocesar la zona 144 inconsistente e impedir sustancialmente la extensión de la grieta 146. El sistema 132 de parcheo incluye un número de componentes diferentes. Tal como se usa en el presente documento, "un número de" elementos pueden ser uno o más elementos. Por ejemplo, un número de componentes significa uno o más componentes.

Tal como se ilustra, el sistema 132 de parcheo incluye un elemento 149 de parcheo. El elemento 149 de parcheo es una estructura configurada para colocarse sobre la zona 144 inconsistente y unirse a la zona 144 inconsistente usando una pluralidad de capas 152 adhesivas. El elemento 149 de parcheo puede incluir diversos materiales tales como un metal, un material compuesto, y otros materiales adecuados.

Tal como se muestra, el elemento 149 de parcheo presenta la forma de un elemento 150 de parcheo de reprocesado compuesto configurada para unirse a la estructura 138 compuesta usando la pluralidad de capas 152 adhesivas. En este ejemplo ilustrativo, el elemento 30 de parcheo de reprocesado compuesto en las figuras 1-16 es un ejemplo de una implementación para el elemento 150 de parcheo de reprocesado compuesto en esta figura.

En este ejemplo representado, el elemento 150 de parcheo de reprocesado compuesto tiene una capa 151 compuesta. La capa 151 compuesta puede comprender un grupo de pliegos 153 compuestos. Los pliegos 52 en la capa 32 laminada mostrada en la figura 7 pueden ser un ejemplo de una implementación para la capa 151 compuesta con el grupo de pliegos 153 compuestos.

Tal como se usa en el presente documento, un "grupo" de elementos significa uno o más elementos. Por ejemplo, el grupo de pliegos 153 compuestos incluye uno o más pliegos compuestos.

En este ejemplo ilustrativo, el elemento 150 de parcheo de reprocesado compuesto incluye un primer lado 154 y un segundo lado 155. El segundo lado 155 es opuesto al primer lado 154. En este ejemplo ilustrativo, el primer lado 154 del elemento 150 de parcheo de reprocesado compuesto está orientado hacia dentro hacia la estructura 136 y está conectado a las secciones 156 adhesivas cónicas. El primer lado 154 del elemento 150 de parcheo de reprocesado

compuesto puede tener un contorno 157 que se adapta a la zona 144 inconsistente en la estructura 136.

5 El segundo lado 155 del elemento 150 de parcheo de reprocesado compuesto está orientado hacia fuera hacia el entorno alrededor de la estructura 136. El segundo lado 155 del elemento 150 de parcheo de reprocesado compuesto puede tener contornos 159 diferentes, dependiendo de la implementación particular. En algunos casos, cuando se une a la estructura 136, el segundo lado 155 del elemento 150 de parcheo de reprocesado compuesto puede ser sustancialmente paralelo a la superficie 142 de la estructura 136.

10 En otros ejemplos, el segundo lado 155 se adapta sustancialmente a un estrechamiento 161 en la zona 144 inconsistente de la estructura 136. Dicho de otro modo, el segundo lado 155 puede adaptarse al estrechamiento 161 en lugar de ser sustancialmente paralelo a la superficie 142 una vez que el elemento 150 de parcheo de reprocesado compuesto se une a la estructura 136. El estrechamiento 161 puede ser resultado la realización de operaciones de reparación de biselado en la estructura 136 antes de la aplicación del sistema 132 de parcheo.

Tal como se representa, el elemento 150 de parcheo de reprocesado compuesto comprende una pluralidad de regiones 158. Las regiones 36, 38, y 40 de control primera, segunda y tercera mostradas en la figura 1 son ejemplos de implementaciones para la pluralidad de regiones 158.

15 En este ejemplo ilustrativo, la pluralidad de capas 152 adhesivas se coloca en el primer lado 154 del elemento 150 de parcheo de reprocesado compuesto. Específicamente, un número de capas adhesivas se colocan dentro de cada una de la pluralidad de regiones 158 del elemento 150 de parcheo de reprocesado compuesto. La pluralidad de capas 152 adhesivas puede tener diferentes configuraciones correspondientes a cada una de la pluralidad de regiones 158.

20 La pluralidad de capas 152 adhesivas puede comprender un adhesivo de película en este ejemplo ilustrativo. El adhesivo de película puede presentar la forma de una cinta o una lámina que se coloca en la zona 144 inconsistente antes de aplicar el elemento 150 de parcheo de reprocesado compuesto.

En este ejemplo ilustrativo, cada una de la pluralidad de capas 152 adhesivas tiene un grosor 160 y una anchura 162. El grosor "t" y la anchura "w" mostrados en la figura 4 son ejemplos de grosor 160 y anchura 162.

25 En este ejemplo representado, la pluralidad de capas 152 adhesivas puede cambiar de grosor 160 dentro de al menos una región del elemento 150 de parcheo de reprocesado compuesto. Este cambio de grosor 160 forma las secciones 156 adhesivas cónicas por debajo del elemento 150 de parcheo de reprocesado compuesto.

30 En un ejemplo ilustrativo, el adhesivo tiene una relación 165 de grosor con respecto a anchura variable dentro de cada una de las secciones 156 adhesivas cónicas. Por ejemplo, diferentes secciones adhesivas pueden tener una relación de 30 a 1, una relación de 20 a 1, una relación de 10 a 1, u otras relaciones, dependiendo de la implementación particular. Como resultado, la pendiente de cada una de las secciones 156 adhesivas cónicas puede ser diferente.

35 En un ejemplo ilustrativo, cuando se coloca adhesivo en la estructura 138 compuesta, cada capa de adhesivo puede tener el mismo grosor, pero una anchura diferente. Cuando la pluralidad de capas 152 adhesivas se apilan unas encima de otras con anchuras variables, las capas forman pilas de adhesivo que tienen grosores diferentes.

40 Por ejemplo, cuando se coloca el adhesivo, cada capa de adhesivo posterior puede ser más estrecha que la capa anterior. Por ejemplo, una primera capa puede tener una primera anchura y una segunda capa colocada encima de la primera capa puede tener una segunda anchura más pequeña que la primera anchura. Además, una tercera capa colocada encima de la segunda capa puede tener una anchura incluso más pequeña, y así sucesivamente. De esta manera, la pluralidad de capas 152 adhesivas forma una configuración cónica o escalonada dentro de cada una de las secciones 156 adhesivas cónicas. Por consiguiente, la relación 156 de grosor con respecto a anchura de cada una de las secciones 156 adhesivas cónicas puede ser diferente basándose en el número de capas apiladas una encima de otra, la anchura de esas capas, o ambas. Una ilustración de este concepto se muestra en la figura 21 y la figura 24.

45 En el ejemplo ilustrativo, las secciones 156 adhesivas cónicas formadas por la pluralidad de capas 152 adhesivas pueden corresponder, generalmente, con la pluralidad de regiones 158 del elemento 150 de parcheo de reprocesado compuesto. Dicho de otro modo, una de las secciones 156 adhesivas cónicas puede colocarse directamente por debajo de una de la pluralidad de regiones 158 en el elemento 150 de parcheo de reprocesado compuesto.

50 En algunos casos, puede estar presente un mayor número de secciones 156 adhesivas cónicas en el sistema 132 de parcheo en comparación con la pluralidad de regiones 158 en el elemento 150 de parcheo de reprocesado compuesto. Por ejemplo, sin limitación, pueden estar presentes tres regiones en el elemento 150 de parcheo de reprocesado compuesto, mientras que pueden estar presentes cinco secciones 156 adhesivas cónicas por debajo del elemento 150 de parcheo de reprocesado compuesto. De una forma similar, puede estar presente un mayor número de regiones en el elemento 150 de parcheo de reprocesado compuesto en comparación con en la pluralidad de capas 152 adhesivas. Como ejemplo, pueden estar presentes cuatro regiones en el elemento 150 de parcheo de reprocesado compuesto, mientras que pueden estar presentes tres o menos secciones 156 adhesivas cónicas por

debajo del elemento 150 de parcheo de reprocesado compuesto.

5 Tal como se representa, las secciones 156 adhesivas cónicas comprenden una primera sección 166, una segunda sección 168 que rodea un perímetro de la primera sección 166, y una tercera sección 170 que rodea un perímetro de la segunda sección 168. En algunos ejemplos ilustrativos, puede estar presente un número de secciones adicionales. Por ejemplo, una cuarta sección 172 puede rodear un perímetro de la tercera sección 170, y así sucesivamente.

10 En algunos casos, los huecos 173 pueden estar presentes entre una o más de las secciones 156 adhesivas cónicas. Un ejemplo de una implementación para los huecos 173 se muestra en la figura 7 como "g". Los huecos 173 pueden ser huecos circunferenciales entre las secciones 156 adhesivas cónicas que están configurados para reducir el crecimiento de la zona 144 inconsistente. En otros ejemplos ilustrativos, los huecos 173 pueden no estar presentes o pueden tener unas configuraciones diferentes de la mostrada en la figura 7.

15 En este ejemplo ilustrativo, el sistema 132 de parcheo está diseñado de manera que cada una de la pluralidad de regiones 158 en el elemento 150 de parcheo de reprocesado compuesto libera una energía 174 de tensión dentro y fuera del elemento 150 de parcheo de reprocesado compuesto a diferentes tasas 176. De una forma similar, cada una de las secciones 156 adhesivas cónicas puede adaptarse para liberar la energía 174 de tensión a las diferentes tasas 176.

20 Específicamente, la energía 174 de tensión puede liberarse fuera de la estructura 138 compuesta y en el elemento 150 de parcheo de reprocesado compuesto a diferentes tasas 176. La energía 174 de tensión puede dirigirse entonces de vuelta a la estructura 138 compuesta fuera de la zona 22 inconsistente para detener la extensión de la zona 22 inconsistente e impedir la separación entre el elemento 150 de parcheo de reprocesado compuesto y la estructura 138 compuesta.

En este ejemplo ilustrativo, la energía 174 de tensión es la energía almacenada por un sistema que experimenta deformación bajo una carga 178. Cuando la carga 178 se elimina, la energía 174 de tensión se libera gradualmente a medida que el sistema vuelve a su forma original.

25 Una liberación deseable de la energía 174 de tensión aumenta la vida del sistema 132 de parcheo, reduce el riesgo de inconsistencias adicionales que se forman en la estructura 136, o ambas. Puede resultar deseable liberar la energía 174 de tensión a una mayor tasa en partes del elemento 150 de parcheo de reprocesado compuesto que están más alejadas de la zona 22 inconsistente para impedir la extensión de la zona 22 inconsistente.

30 Cada una de la pluralidad de regiones 158 puede tener características 180 diferentes que permiten que la energía 174 de tensión se libere a diferentes tasas 176. Cada una de las secciones 156 adhesivas cónicas también puede tener características 180 diferentes.

35 En este ejemplo ilustrativo, las características 180 pueden adaptarse para hacer que el sistema 132 de parcheo actúe de una manera deseada durante la vida de la aeronave 134. Las características 180 pueden incluir al menos uno de propiedades 182 estructurales, un diseño 184 frente a fracturas entre láminas, una forma 186 estructural, u otros tipos de características adecuadas.

En un ejemplo ilustrativo, las propiedades 182 estructurales se refieren a diversas características de manipulación de carga y transferencia de carga del material. Por ejemplo, las propiedades 182 estructurales pueden referirse a la capacidad del material a resistir la deformación elástica, para liberar la energía 174 de tensión, u otras propiedades.

40 En este ejemplo representado, las propiedades 182 estructurales incluyen constantes cinemáticas, constantes elásticas, constantes constitutivas, tenacidad frente a fracturas entre láminas, y otras propiedades adecuadas. En este ejemplo ilustrativo, las constantes cinemáticas representan la relación entre desplazamiento y tensión en un material. Cada una de las secciones 156 adhesivas cónicas tiene una relación de esfuerzo con respecto a tensión diferente en este ejemplo ilustrativo, dando como resultado unas constantes cinemáticas diferentes entre secciones.

45 Las constantes elásticas representan el grado en el que un material presenta elasticidad. Dicho de otro modo, las constantes elásticas representan la medida en la que el material se extenderá o comprimirá cuando se aplica la carga 178. Ejemplos de constantes elásticas pueden incluir la relación de Poisson, módulo de elasticidad, rigidez de cizalladura, y otras constantes. Cada una de las secciones 156 adhesivas cónicas también puede tener diferentes constantes elásticas en comparación con el resto.

50 Además, cada una de las secciones 156 adhesivas cónicas puede tener constantes constitutivas diferentes. Las constantes constitutivas representan las características de flexión de un material.

En un ejemplo ilustrativo, las secciones 156 adhesivas cónicas también están diseñadas para tener una tenacidad frente a fracturas entre láminas diferente. La tenacidad frente a fracturas entre láminas puede describirse como la resistencia general de un material a las fracturas entre láminas.

En este ejemplo ilustrativo, "la fractura entre láminas", o la delaminación, es una separación no deseada entre dos

- capas de material. Por ejemplo, la fractura entre láminas es la separación de dos pliegos compuestos. Como otro ejemplo, la fractura entre láminas puede producirse entre dos de la pluralidad de capas 152 adhesivas. En algunos casos, la fractura entre láminas puede producirse debido a unas cargas fuera de plano altas que proceden de unas tensiones de desgarro altas en el borde de la estructura 136 que se encuentra bajo una carga de flexión. El adhesivo cónico variable está diseñado para minimizar de manera eficaz estas tensiones de desgarro.
- 5 En un ejemplo ilustrativo, la tenacidad frente a fracturas entre láminas puede ser un valor determinado por el tipo de diseño 184 de fractura entre láminas seleccionado para un material. En este ejemplo, el diseño 184 de fractura entre láminas se refiere a la configuración de cada una de las regiones diseñadas para resistir la fractura entre láminas.
- 10 En este ejemplo representado, el diseño 184 de fractura entre láminas de cada una de la pluralidad de regiones 158 puede incluir parámetros tales como la orientación de pliegos, el tipo de resina o material de matriz usado en cada región, el grosor 160 de la pluralidad de capas 152 adhesivas en cada una de las secciones 156 adhesivas cónicas, la anchura 162 de la pluralidad de capas 152 adhesivas de cada una de las secciones 156 adhesivas cónicas, la posición y el lado de los huecos 173, y otros parámetros de diseño.
- 15 El diseño 184 fractura entre láminas para cada una de las secciones 156 adhesivas cónicas puede incluir una de propiedades de modo I, modo II, y modo III. Por ejemplo, cada una de las secciones 156 adhesivas cónicas puede diseñarse para resistir cargas de tracción (modo I), cargas de cizalladura (modo II), o tanto cargas de tracción como cargas de cizalladura (modo III) en una manera deseada.
- 20 En este ejemplo representado, la forma 186 estructural es una configuración geométrica de cada una de las regiones en el elemento 150 de parcheo de reprocesado compuesto y las secciones 156 adhesivas cónicas. Por ejemplo, sin limitación, el elemento 150 de parcheo de reprocesado compuesto puede tener una forma 186 estructural seleccionada de una forma circular, una forma rectangular, una forma cuadrada, u otras formas adecuadas. La forma 186 estructural de las secciones 156 adhesivas cónicas puede ser la misma o diferente en comparación con las regiones correspondientes en el elemento 150 de parcheo de reprocesado compuesto.
- 25 En algunos ejemplos ilustrativos, la forma 186 estructural del elemento 150 de parcheo de reprocesado compuesto puede variar entre la pluralidad de regiones 158. Por ejemplo, una región puede tener una forma circular mientras que otra región puede tener una forma rectangular. En otros ejemplos ilustrativos, la forma 186 estructural para cada región puede ser la misma.
- 30 Al usar las características 180, el sistema 132 de parcheo puede diseñarse con las secciones 156 adhesivas cónicas para detener el crecimiento de la zona 144 inconsistente en la estructura 136. En particular, las propiedades 182 estructurales de las secciones 156 adhesivas cónicas pueden ayudar a reducir la extensión de la grieta 146 en la estructura 136.
- 35 En algunos casos, cuando la estructura 136 es la estructura 140 de metal, las secciones 156 adhesivas cónicas pueden disminuir una intensidad 188 de esfuerzo en la punta 148 de grieta en cada extremo de la grieta 146. En este ejemplo ilustrativo, la intensidad 188 de esfuerzo es la cantidad de esfuerzo cerca de la punta 148 de grieta provocado por la carga 178. Es deseable una disminución de la intensidad 188 de esfuerzo para detener el crecimiento de la grieta 146.
- 40 La ilustración del sistema 132 de parcheo con las secciones 156 adhesivas cónicas en la figura 19 no está destinada a implicar limitaciones físicas o arquitectónicas a la manera en la que puede implementarse una realización ilustrativa. Pueden usarse otros componentes además de o en lugar de los ilustrados. Algunos componentes pueden ser opcionales. Asimismo, los bloques se presentan para ilustrar algunos componentes funcionales. Uno o más de estos bloques pueden combinarse, dividirse, o combinarse y dividirse en diferentes bloques cuando se implementan en una realización ilustrativa.
- 45 A continuación, haciendo referencia a la figura 20, se representa una ilustración de un elemento de parcheo de reprocesado compuesto unido según una realización ilustrativa. En este ejemplo representado, se muestra una vista ampliada del elemento 119 de parcheo de reprocesado compuesto de la figura 18. El elemento 119 de parcheo de reprocesado compuesto se ha unido a la estructura 24 compuesta para cubrir la zona 22 inconsistente. En este ejemplo ilustrativo, el elemento 119 de parcheo de reprocesado compuesto incluye regiones 200 dispuestas sobre las secciones 202 adhesivas cónicas.
- 50 Las regiones 200 se muestran entre las líneas continuas en esta figura. Específicamente, el elemento 119 de parcheo de reprocesado compuesto incluye un núcleo 203, una primera región 204, una segunda región 206, y una tercera región 208. Cada región posterior se extiende circunferencialmente alrededor de la región anterior.
- 55 En este ejemplo ilustrativo, las secciones 202 adhesivas cónicas se muestran entre las líneas discontinuas. Las secciones 202 adhesivas cónicas incluyen una primera sección 210, una segunda sección 212, y una tercera sección 214 en este ejemplo ilustrativo.
- Tal como se muestra, las secciones 202 adhesivas cónicas sustancialmente corresponden a las regiones 200 del elemento 119 de parcheo de reprocesado compuesto. Una sección adhesiva cónica y una región de elemento de

parcheo correspondientes pueden denominarse de manera colectiva “región de elemento de parcheo-adhesivo”.

5 Tal como se representa, cada una de las secciones 202 adhesivas cónicas individuales tiene una tenacidad frente a fracturas entre láminas diferente. En este ejemplo ilustrativo, la tercera sección 214 tiene una tenacidad frente a fracturas entre láminas de modo I de aproximadamente 4,5 in-lbs/in<sup>2</sup>, la segunda sección 212 tiene una tenacidad frente a fracturas entre láminas de modo II de aproximadamente 13,5 in-lbs/in<sup>2</sup>, y la primera sección 210 tiene una tenacidad frente a fracturas entre láminas de modo III de aproximadamente 20,5 in-lb/in<sup>2</sup>. Pueden realizarse otros valores para la tenacidad frente a fracturas entre láminas, dependiendo de la implementación particular.

10 En un ejemplo representado, las regiones 200 pueden diseñarse para tener, asimismo, diferentes niveles de tenacidad frente a fracturas entre láminas. Por ejemplo, la tenacidad frente a fracturas entre láminas de la tercera región 208 puede ser de entre aproximadamente 1,75 in-lb/in<sup>2</sup> y aproximadamente 2,5 in-lb/in<sup>2</sup>. La tenacidad frente a fracturas entre láminas de la segunda región 206 puede ser de entre aproximadamente 2,5 in-lb/in<sup>2</sup> y aproximadamente 3,5 in-lb/in<sup>2</sup>, mientras que la primera región 204 puede tener una tenacidad frente a fracturas entre láminas igual a o mayor de aproximadamente 5,00 in-lb/in<sup>2</sup> en este ejemplo ilustrativo. De esta manera, cada una de las diferentes regiones 200 de pliegos y cada una de las diferentes secciones de adhesivo puede tener unas propiedades diferentes configuradas para liberar energía de tensión de la estructura 24 compuesta al elemento 119 de parcheo de reprocesado compuesto a diferentes tasas para detener el crecimiento de la zona 22 inconsistente.

15 En la figura 21, se representa una ilustración de una vista en sección local de una sección adhesiva cónica según una realización ilustrativa. En este ejemplo representado, se muestra una vista en sección del elemento 119 de parcheo de reprocesado compuesto tomada a lo largo de las líneas 21-21 en la figura 20. En particular, se muestra una vista en sección de reducción de adhesivo dentro de la primera sección 210.

20 Tal como se ilustra, el elemento 119 de parcheo de reprocesado compuesto incluye una capa 220 compuesta y capas 222 adhesivas. En este ejemplo ilustrativo, por motivos de simplicidad, no se muestran los diferentes pliegos dentro de la capa 220 compuesta. En este ejemplo, la sección adhesiva cónica incluye un número de capas 222 adhesivas.

25 Tal como se representa, la primera sección 210 tiene una relación de grosor con respecto a anchura cónica variable a medida que se reduce de la parte más gruesa a la parte más delgada. Las capas 222 adhesivas incluyen un adhesivo 221 cónico de alta variabilidad, un adhesivo 223 cónico de variabilidad media, y un adhesivo 225 cónico de baja variabilidad que forman la configuración de adhesivo cónico en la primera sección 210.

30 No se encuentra presente ningún hueco entre las capas 222 adhesivas en este ejemplo ilustrativo. Además, se coloca una capa 224 adhesiva plana uniforme sobre el núcleo 203, directamente en la zona 22 inconsistente.

35 Dentro de la región 210-204 de elemento de parcheo-adhesivo interior, la carga del fuselaje se transfiere desde la zona 22 inconsistente hasta el elemento 119 de parcheo de reprocesado compuesto. Esta región distribuye la carga de entrada inicial fuera del límite 217-219 de punta de grieta en la zona 22 inconsistente y minimiza las fuerzas de punta de grieta. Esta acción se logra a través de un aumento de la capacidad de torsión-cizalladura entre láminas de modo III acoplada con una mejora de la constante elástica de la relación de Poisson y una reducción de las tensiones entre láminas, tal como se muestra en las figuras 22-23.

40 De esta manera, la región 210-204 de elemento de parcheo-adhesivo impide, sustancialmente, la deformación plástica estructural no deseada en el elemento 119 de parcheo de reprocesado compuesto. Como resultado, esta región potencia y mejora la tolerancia frente a daños del elemento 119 de parcheo de reprocesado compuesto para impedir la extensión de la zona 22 inconsistente. Además, esta región reduce o elimina el “desprendimiento” del elemento de parcheo de reprocesado compuesto bajo diversas cargas aerodinámicas. El “desprendimiento” puede crear una separación entre el elemento de parcheo de reprocesado compuesto y la estructura 24 compuesta.

45 A continuación, haciendo referencia a la figura 22, se representa una ilustración de una gráfica del esfuerzo de tensión entre láminas en el interior de un elemento de parcheo unido según una realización ilustrativa. En este ejemplo ilustrativo, una gráfica 226 muestra el esfuerzo de tensión entre láminas fuera de plano en el interior del elemento 119 de parcheo de reprocesado compuesto.

Tal como se muestra, la gráfica 226 muestra la distancia a través del solapado del elemento de parcheo frente al esfuerzo de tensión entre láminas (psi). En este ejemplo, el esfuerzo de tensión entre láminas fuera de plano en el interior del elemento 119 de parcheo de reprocesado compuesto es negativo.

50 Tal como se indica por la gráfica 226, las capas 222 adhesivas cónicas limitan el perfil de esfuerzo. Dicho de otro modo, la distribución de esfuerzo es pequeña como resultado de la pendiente de las capas 222 adhesivas de manera que el esfuerzo resulta menor que una fuerza de accionamiento. En comparación con algunos sistemas usados en la actualidad sin las capas 222 adhesivas cónicas, una realización ilustrativa detiene la fuerza de accionamiento e impide la propagación de grietas.

55 A continuación, haciendo referencia a la figura 23, se representa una ilustración de una gráfica de la distribución de esfuerzo de cizalladura entre láminas en el interior de un elemento de parcheo unido según una realización

ilustrativa. En este ejemplo ilustrativo, una gráfica 227 muestra la distribución de cizalladura-esfuerzo en el interior del elemento 119 de parcheo de reprocesado compuesto.

5 Tal como se muestra, la gráfica 227 muestra la distancia a través del solapado del elemento de parcheo frente al esfuerzo de cizalladura entre láminas (psi). Tal como se indica por la gráfica 227, las capas 222 adhesivas cónicas reducen el pico de esfuerzo de cizalladura entre láminas dentro del elemento 119 de parcheo de reprocesado compuesto. Esta reducción mejora la tolerancia frente a daños y la durabilidad frente a fatiga del elemento de parcheo sobre la zona 22 inconsistente.

10 En la figura 24, se representa una ilustración de una vista en sección global de un elemento de parcheo de reprocesado compuesto unido a una estructura compuesta según una realización ilustrativa. En este ejemplo representado, se muestra una vista en sección del elemento 119 de parcheo de reprocesado compuesto tomada a lo largo de las líneas 24-24 en la figura 20.

15 Cada una de las secciones 202 adhesivas cónicas tiene capas adhesivas cónicas en este ejemplo ilustrativo. En particular, la primera sección 210 tiene capas 222 adhesivas, la segunda sección 212 tiene capas 228 adhesivas, y la tercera sección 214 tiene capas 229 adhesivas. Las capas 228 adhesivas y las capas 229 adhesivas pueden ser cónicas de la misma manera o de una manera diferente en comparación con las capas 222 adhesivas.

20 Aunque se muestran tres capas adhesivas en cada una de secciones 202 adhesivas cónicas, pueden estar presentes otros números de capas. Pueden estar presentes cinco capas, nueve capas, catorce capas, o algún otro número de capas. Asimismo, aunque se muestran tres pliegos compuestos en la capa 220 compuesta, pueden usarse otros números de pliegos. También pueden estar presentes huecos entre las secciones 202 adhesivas cónicas en algunos ejemplos ilustrativos.

25 Con la configuración mostrada en las figuras 20-24, el elemento 119 de parcheo de reprocesado compuesto se comporta de una manera deseada. Dentro de la región 210-204 de elemento de parcheo-adhesivo interior, la carga del fuselaje se transfiere desde la zona 22 inconsistente hasta el elemento 119 de parcheo de reprocesado compuesto y distribuye la carga de entrada inicial fuera del límite de punta de grieta para minimizar las fuerzas de punta de grieta, tal como se muestra y se describe con referencia a las figuras 21-23.

30 La región 212-206 de elemento de parcheo-adhesivo intermedia del modo II reduce la tasa de liberación de energía de tensión dentro de plano en la zona 22 inconsistente. De esta manera, la región 212-206 de elemento de parcheo-adhesivo reduce la tasa de crecimiento entre láminas y entre caras de la zona 22 inconsistente. Esta región mejora la durabilidad frente a fatiga de la totalidad del revestimiento compuesto de fuselaje. Como resultado, la estructura 24 compuesta puede transportar carga limitada de manera eficaz.

35 La región 214-208 de elemento de parcheo-adhesivo exterior se diseña para minimizar y controlar los efectos de desprendimiento del elemento 119 de parcheo de reprocesado compuesto. La región 214-208 de elemento de parcheo-adhesivo exterior se diseña para mitigar los elevados efectos de cargas dañinas normales fuera de plano. Este control se logra a través del diseño de una combinación de una alta tenacidad frente a fracturas entre láminas de modo I, constantes elásticas, y el ángulo cónico variable. Esta región es eficaz en la reducción de la tasa de liberación de energía de tensión en la zona 22 inconsistente mediante la redistribución de la carga en el revestimiento de aeronave. Como resultado, la región 214-208 de elemento de parcheo-adhesivo mantiene una resistencia estática con respecto a diversas condiciones aerodinámicas tales como ráfagas y cargas de maniobra elevadas.

40 Ahora, haciendo referencia a la figura 25, se representa una ilustración de un elemento de parcheo de reprocesado compuesto unido según una realización ilustrativa. En este ejemplo representado, se muestra una vista ampliada de un elemento de parcheo de reprocesado compuesto. Un elemento 230 de parcheo de reprocesado compuesto ha sustituido al elemento 119 de parcheo de reprocesado compuesto sobre la zona 22 inconsistente en la estructura 24 compuesta.

45 El elemento 230 de parcheo de reprocesado compuesto es un ejemplo de otra implementación para el sistema 132 de parcheo mostrada en formato de bloque en la figura 19. El elemento 230 de parcheo de reprocesado compuesto se ha unido a la estructura 24 compuesta para cubrir la zona 22 inconsistente.

50 En este ejemplo ilustrativo, el elemento 230 de parcheo de reprocesado compuesto tiene regiones 232 dispuestas sobre las secciones 234 adhesivas cónicas. Las regiones 232, mostradas entre las líneas continuas, incluyen el núcleo 236, la primera región 238, la segunda región 240, la tercera región 242, y la cuarta región 244. Cada región posterior se extiende circunferencialmente alrededor de la región anterior.

55 En este ejemplo ilustrativo, las secciones 234 adhesivas cónicas se muestran entre las líneas discontinuas. Las secciones 234 adhesivas cónicas incluyen una primera sección 246, una segunda sección 248, una tercera sección 250, y una cuarta sección 252 en este ejemplo ilustrativo. Tal como se muestra, las secciones 234 adhesivas cónicas corresponden, sustancialmente, a las regiones 232 del elemento 230 de parcheo de reprocesado compuesto.

- 5 Tal como se representa, cada una de las secciones 234 adhesivas cónicas individuales tiene una tenacidad frente a fracturas entre láminas diferente. En este ejemplo ilustrativo, la cuarta sección 252 tiene una tenacidad frente a fracturas entre láminas de modo I de aproximadamente 4,5 in-lbs/in<sup>2</sup>, la tercera sección 250 tiene una tenacidad frente a fracturas entre láminas de modo I de aproximadamente 7,5 in-lbs/in<sup>2</sup>, la segunda sección 248 tiene una tenacidad frente a fracturas entre láminas de modo II de aproximadamente 13,5 in-lbs/in<sup>2</sup>, la primera sección 246 tiene una tenacidad frente a fracturas entre láminas de modo III de aproximadamente 20,5 in-lb/in<sup>2</sup>. Pueden realizarse otros valores para la tenacidad frente a fracturas entre láminas, dependiendo de la implementación particular.
- 10 Las regiones 232 del elemento 230 de parcheo de reprocesado compuesto pueden ser sustancialmente similares en tenacidad frente a fracturas entre láminas a las regiones 200 mostradas y descritas en la figura 20. Además, la tenacidad frente a fracturas entre láminas de la cuarta región 244 es menor que la de la tercera región 242. En otros ejemplos ilustrativos, pueden usarse otros valores.
- 15 Además, el diseño de cada una de las regiones 232 y las secciones 234 adhesivas cónicas pueden modificarse basándose en las diferentes cargas aplicadas a la estructura subyacente. Por ejemplo, el diseño del elemento de parcheo de reprocesado compuesto puede ser diferente basándose en cuando el elemento de parcheo de reprocesado compuesto se usa en una aeronave. Como ejemplo, el diseño estructural del elemento de parcheo de reprocesado compuesto puede ser diferente cuando se usa en un panel de revestimiento estructural de un ala que cuando se usa en un empenaje estructural. Como resultado, una o más de las características de las regiones 232, las secciones 234 adhesivas cónicas, o ambas pueden alterarse para lograr un rendimiento deseado.
- 20 Las diferentes configuraciones mostradas en las figuras 20-25 se muestran para ilustrar algunos de los diferentes diseños que pueden proporcionarse con el uso de una realización ilustrativa. También pueden usarse diversas configuraciones adicionales para desarrollar propiedades estructurales deseadas para el elemento 230 de parcheo de reprocesado compuesto.
- 25 Adicionalmente, pueden usarse configuraciones similares para un elemento de parcheo en aplicaciones de metal para parchear una estructura de metal. En un caso de este tipo, el elemento de parcheo se diseñará para reducir la intensidad de esfuerzo en la zona inconsistente. En particular, las regiones adhesivas cónicas se diseñan para reducir la intensidad de esfuerzo en la punta de grieta para detener el crecimiento de la grieta y aumentar la vida útil del elemento de parcheo.
- 30 Las ilustraciones y descripciones del elemento 30 de parcheo de reprocesado compuesto, el elemento 119 de parcheo de reprocesado compuesto, y el elemento 230 de parcheo de reprocesado compuesto en las figuras 1-16, y las figuras 19-25 no están destinadas a implicar limitaciones físicas o arquitectónicas a la manera en la que puede implementarse una realización ilustrativa. Pueden usarse otros componentes además de o en lugar de los ilustrados. Algunos componentes pueden ser opcionales.
- 35 Los diferentes componentes mostrados en las figuras 1-16, y las figuras 20-25 pueden ser ejemplos ilustrativos de cómo pueden implementarse los componentes mostrados en formato de bloque en la figura 19 como estructuras físicas. Adicionalmente, algunos de los componentes de las figuras 1-16, y las figuras 20-25 pueden combinarse con los componentes en la figura 19, usarse con los componentes en la figura 19, o una combinación de ambos.
- 40 Ahora, haciendo referencia a la figura 26, se representa una ilustración de un diagrama de flujo de un procedimiento para reprocesar una estructura compuesta usando un sistema de parcheo con secciones adhesivas cónicas según una realización ilustrativa. El procedimiento ilustrado en la figura 26 puede implementarse en el entorno 130 de reprocesado en la figura 19. Las diferentes operaciones pueden implementarse para formar el sistema 132 de parcheo en la estructura 136 para detener el crecimiento de la zona 144 inconsistente.
- 45 En la etapa 270, se aplica una pluralidad de capas adhesivas a una zona inconsistente en la estructura compuesta de manera que la pluralidad de capas adhesivas forma secciones adhesivas cónicas. La pluralidad de capas adhesivas puede aplicarse de manera que cada una de las secciones adhesivas cónicas tiene diferentes propiedades estructurales, una relación grosor con respecto a anchura diferente, u otros parámetros adecuados.
- 50 Un grupo de pliegos compuestos se estratifica en la etapa 272 para formar un elemento de parcheo de reprocesado compuesto de manera que el elemento de parcheo de reprocesado compuesto comprende una pluralidad de regiones que tienen diferentes propiedades estructurales. En la etapa 274, el grupo de pliegos compuestos y las secciones adhesivas cónicas se curan de manera que las secciones adhesivas cónicas reducen una extensión de una inconsistencia en la estructura compuesta.
- 55 Los diagramas de flujo y los diagramas de bloques en las diferentes realizaciones representadas ilustran la arquitectura, funcionalidad, y el funcionamiento de algunas posibles implementaciones de aparatos y métodos en una realización ilustrativa. A este respecto, cada bloque en los diagramas de flujo o los diagramas de bloques puede representar al menos uno de un módulo, un segmento, una función, o una parte o combinación de los mismos de una operación o etapa.
- En algunas implementaciones alternativas de una realización ilustrativa, la función o funciones anotadas en los

bloques pueden producirse en otro orden distinto del anotado en las figuras. Por ejemplo, en algunos casos, dos bloques mostrados en sucesión pueden realizarse de manera sustancialmente simultánea, o los bloques pueden realizarse, en ocasiones, en un orden inverso, dependiendo de la funcionalidad implicada. Asimismo, pueden añadirse otros bloques además de los bloques ilustrados en un diagrama de flujo o un diagrama de bloques.

5 Las realizaciones ilustrativas de la divulgación pueden describirse en el contexto de un método 300 de fabricación y servicio de aeronave tal como se muestra en la figura 27 y la aeronave 320 tal como se muestra en la figura 28. Haciendo referencia, en primer lugar, a la figura 27, se representa una ilustración de un método de fabricación y servicio de aeronave según una realización ilustrativa. Durante la producción previa, el método 300 de fabricación y servicio de aeronave puede incluir una especificación 302 y diseño de una aeronave 301 en la figura 28 y una obtención 304 de material.

10 Durante la producción, tiene lugar la fabricación 306 de componentes y subconjuntos y la integración 308 del sistema de la aeronave 301 en la figura 28. A continuación, la aeronave 301 en la figura 28 puede someterse a certificación 310 y suministro con el fin de ponerse en servicio 312. Mientras que se encuentra en servicio 312 mediante un cliente, la aeronave 301 en la figura 28 se programa para labores 314 de mantenimiento y servicio rutinarias, lo que puede incluir modificación, reconfiguración, reaprovisionamiento, y otras labores de mantenimiento o servicio.

15 Cada uno de los procedimientos del método 300 de fabricación y servicio de aeronave puede realizarse o llevarse a cabo por un integrador de sistema, un tercero, un operador, o una combinación de los mismos. En estos ejemplos, el operador puede ser un cliente. Con los fines de esta descripción, un integrador de sistema puede incluir, sin limitación, cualquier número de fabricantes de aeronaves y subcontratistas de sistema principal; un tercero puede incluir, sin limitación, cualquier número de vendedores, subcontratistas, y proveedores; y un operario puede ser una aerolínea, una empresa de alquiler, una entidad militar, una organización de servicio, y así sucesivamente.

20 Ahora, haciendo referencia a la figura 28, se representa una ilustración de una aeronave en la que puede implementarse una realización ilustrativa. En este ejemplo, la aeronave 301 se produce mediante el método 300 de fabricación y servicio de aeronave en la figura 27 y puede incluir un fuselaje 316 con una pluralidad de sistemas 318 y un interior 320. Ejemplos de los sistemas 318 incluyen uno o más de un sistema 322 de propulsión, un sistema 324 eléctrico, un sistema 326 hidráulico, y un sistema 328 ambiental. Puede incluirse cualquier número de sistemas adicionales. Aunque se muestra un ejemplo de la industria aeroespacial, pueden aplicarse diferentes realizaciones ilustrativas a otras industrias, tales como la industria de la automoción.

25 Los aparatos y métodos realizados en el presente documento pueden emplearse durante al menos una de las etapas del método 300 de fabricación y servicio de aeronave en la figura 27. En particular, el sistema 132 de parcheo con las secciones 156 adhesivas cónicas de la figura 19 puede instalarse durante cualquiera de las etapas del método 300 de fabricación y servicio de aeronave. Por ejemplo, sin limitación, el sistema 132 de parcheo con las secciones 156 adhesivas cónicas puede usarse para reprocesar una estructura en la aeronave 301 durante al menos uno de fabricación 306 de componentes y subconjuntos, labores 314 de mantenimiento y servicio rutinarias, o alguna otra etapa del método 300 de fabricación y servicio de aeronave.

30 Por ejemplo, el sistema 132 de parcheo puede usarse tras descubrir una zona inconsistente en una estructura en la aeronave 301. Esta zona inconsistente puede haberse formado durante la fabricación 306 de componentes y subconjuntos. En lugar de desechar la estructura, la zona puede parchearse usando el sistema 132 de parcheo y seguir cumpliendo con la normativa aplicable.

35 Como otro ejemplo ilustrativo, puede descubrirse una zona inconsistente en una estructura en la aeronave 301 durante labores 314 de mantenimiento y servicio rutinarias. En este caso, en lugar de reprocesar toda la estructura, o sustituir la estructura, puede emplearse el sistema 132 de parcheo. Con el uso de las secciones 156 adhesivas cónicas, puede aumentarse la vida del sistema 132 de parcheo, así como la estructura en la aeronave 301.

40 En un ejemplo ilustrativo, componentes o subconjuntos producidos durante la fabricación 306 de componentes y subconjuntos en la figura 27 pueden realizarse o fabricarse de una manera similar a los componentes o subconjuntos producidos mientras la aeronave 301 se encuentra en servicio 312 en la figura 27. Como todavía otro ejemplo, una o más realizaciones del aparato, realizaciones del método, o una combinación de las mismas puede utilizarse durante las etapas de producción, tales como la fabricación 306 de componentes y subconjuntos y la integración 308 del sistema en la figura 27. Una o más realizaciones del aparato, realizaciones del método, o una combinación de las mismas pueden utilizarse mientras la aeronave 301 se encuentra en servicio 312, durante labores 314 de mantenimiento y servicio en la figura 27, o una combinación de las mismas. El uso de un número de realizaciones ilustrativas diferentes puede acelerar sustancialmente el ensamblado, reducir el coste de la aeronave 301, o ambas.

45 Por tanto, las realizaciones ilustrativas proporcionan un método y aparato para reprocesar una estructura. La estructura puede presentar la forma de la estructura 138 compuesta en la aeronave 134 en la figura 19. En un ejemplo ilustrativo, un aparato comprende el elemento 150 de parcheo de reprocesado compuesto y la pluralidad de capas 152 adhesivas en el primer lado 154 del elemento 150 de parcheo de reprocesado compuesto. El primer lado



- 5 154 del elemento 150 de parcheo de reprocesado compuesto tiene el contorno 157 que se adapta a la zona 144 inconsistente en la estructura 138 compuesta. El elemento 150 de parcheo de reprocesado compuesto comprende la pluralidad de regiones 158 que tienen diferentes propiedades 182 estructurales. La pluralidad de capas 152 adhesivas cambia de grosor 160 dentro de al menos una región del elemento 150 de parcheo de reprocesado compuesto para formar las secciones 156 adhesivas cónicas.
- 10 Las realizaciones ilustrativas proporcionan una combinación de múltiples adhesivos regionalizados estructurales integrados en capas adaptadas compuestas para formar un diseño de elemento de parcheo estructural para, sustancialmente, atrasar y detener grietas de revestimiento en múltiples sitios y para la delaminación compleja de diversos modelos de aeronave. Este elemento de parcheo de reprocesado adhesivo compuesto integrado complejo combinado con una región exterior de resistencia estática, una región intermedia con resistencia de durabilidad, y una región de núcleo interior segura frente a fallos y con tolerancia frente a daños, tal como se describe en las figuras 1-16, libera energía de tensión de una manera deseada. Como resultado, el elemento de parcheo es más duradero y proporciona una mejor integridad estructural que algunos sistemas usados en la actualidad.
- 15 Además, este elemento de parcheo adhesivo integrado se diseña con unos ángulos cónicos variables en el adhesivo, lo que mitiga y reduce una elevada cizalladura entre láminas dañina y un esfuerzo de tensión en los límites de revestimiento agrietados. No se usan pernos con una realización ilustrativa. Como resultado, las realizaciones ilustrativas mejoran la capacidad de tolerancia frente a daños global estructural del revestimiento compuesto subyacente.
- 20 Con la introducción de las regiones adhesivas cónicas, el elemento de parcheo de reprocesado compuesto puede cumplir las normativas de aeronavegabilidad promulgadas por la Administración Federal de Aviación (FAA), y la Agencia Europea de Seguridad Aérea (EASA), entre otras. Por ejemplo, el elemento de parcheo puede cumplir los requisitos de la Regulación Federal de Aviación (FAR) 25-571e de la FAA en cuanto a un recubrimiento reparado de ala o fuselaje estructuralmente integrado capaz de transportar el 150% como límite de carga. Las realizaciones ilustrativas también cumplen diversas normativas de aeronavegabilidad de la EASA y la FAA adicionales.
- 25 La descripción de las diferentes realizaciones ilustrativas se ha presentado con fines de ilustración y descripción, y no está destinada a ser exhaustiva o a verse limitada a las realizaciones en la forma dada a conocer. Muchas modificaciones y variaciones resultarán evidentes para los expertos habituales en la técnica. Además, las diferentes realizaciones ilustrativas pueden proporcionar diferentes características en comparación con otras realizaciones deseables. La realización o las realizaciones seleccionadas se eligen y describen con el fin de explicar de una mejor manera los principios de las realizaciones, la aplicación práctica, y para permitir que otros expertos habituales en la técnica comprendan la divulgación para las diversas realizaciones con diversas modificaciones según sean adecuadas al uso particular contemplado.
- 30

**REIVINDICACIONES**

1. Aparato para reprocesar una estructura, por ejemplo, una estructura de aeronave, comprendiendo el aparato:

un elemento (119) de parcheo de reprocesado compuesto, en el que el elemento de parcheo de reprocesado compuesto comprende una capa compuesta que tiene un grupo de pliegos compuestos, incluyendo el elemento (119) de parcheo de reprocesado compuesto un primer lado que tiene un contorno que se adapta a una zona (22) inconsistente en una estructura compuesta, en el que el elemento de parcheo de reprocesado compuesto comprende una pluralidad de regiones que tienen diferentes propiedades estructurales; y

una pluralidad de capas (202, 222) adhesivas en el primer lado del elemento de parcheo de reprocesado compuesto, en el que la pluralidad de capas (202,222) adhesivas cambia de grosor dentro de al menos una región del elemento de parcheo de reprocesado compuesto para formar una sección adhesiva cónica, en el que el elemento (119) de parcheo de reprocesado compuesto incluye regiones (200) dispuestas sobre las capas (202,222) adhesivas cónicas, en el que las regiones (200) incluyen un núcleo (203) una primera región (204), una segunda región (206) y una tercera región (208), mediante lo que cada región posterior se extiende circunferencialmente alrededor de la región anterior, en el que las capas (202,222) adhesivas cónicas incluyen una primera sección (210), una segunda sección (212) y una tercera sección (214), secciones (210, 212, 214) cónicas que corresponden, sustancialmente, a las regiones (200) del elemento (119) de parcheo de reprocesado compuesto, en el que cada una de las secciones (202) adhesivas cónicas individuales tiene una tenacidad frente a fracturas entre láminas diferente, elemento (119) de parcheo de reprocesado compuesto que incluye una capa (220) compuesta, en el que la primera sección (210) de las capas (202,222) adhesivas cónicas tiene una relación de grosor con respecto a anchura variable a medida que se reduce de una parte más gruesa a una parte más delgada, en el que las capas (222) adhesivas incluyen un adhesivo (221) cónico de alta variabilidad, un adhesivo (223) cónico de variabilidad media y un adhesivo (225) cónico de baja variabilidad que forman una configuración adhesiva cónica en la primera sección (210), en el que no está presente ningún hueco entre las capas (222) adhesivas, y una capa (224) adhesiva uniforme plana se coloca sobre el núcleo (203).

2. Aparato según la reivindicación 1, en el que cada una de las secciones adhesivas cónicas tiene propiedades estructurales diferentes.

3. Aparato según la reivindicación 2, en el que las propiedades estructurales diferentes incluyen al menos una de constantes cinemáticas, constantes elásticas, constantes constitutivas, o tenacidad frente a fracturas entre láminas en la pluralidad de capas adhesivas.

4. Aparato según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que cada una de las secciones adhesivas cónicas tiene un diseño de fractura entre láminas diferente que tiene una propiedad de modo I, modo II, y modo III.

5. Aparato según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que cada una de las secciones adhesivas cónicas libera energía de tensión dentro y fuera del elemento de parcheo de reprocesado compuesto a diferentes tasas.

6. Aparato según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la pluralidad de capas adhesivas comprende un adhesivo de película.

7. Aparato según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la estructura compuesta se selecciona de uno de una superficie de estructura de control, un panel de revestimiento estructural, una estructura de ala, y un empenaje estructural.

8. Aparato según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la zona inconsistente comprende una grieta y las secciones adhesivas cónicas reducen una extensión de la grieta.

9. Método para reprocesar una estructura compuesta usando un aparato según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, comprendiendo el método:

aplicar una pluralidad de capas adhesivas a una zona inconsistente en la estructura compuesta, en el que la pluralidad de capas adhesivas forma secciones adhesivas cónicas;

estratificar un grupo de pliegos compuestos en las secciones adhesivas cónicas; y

curar el grupo de pliegos compuestos y las secciones adhesivas cónicas para formar un elemento de parcheo de reprocesado compuesto que tiene una pluralidad de regiones que tienen diferentes propiedades estructurales, en el que el elemento (119) de parcheo de reprocesado compuesto incluye regiones (200) dispuestas sobre las capas (202,222) adhesivas cónicas, en el que las regiones (200) incluyen un núcleo (203) una primera región (204), una segunda región (206) y una tercera región (208), mediante lo que cada región posterior se extiende circunferencialmente alrededor de la región anterior, en el que las capas (202,222) adhesivas cónicas incluyen una primera sección (210), una segunda sección (212) y una tercera sección (214), secciones (210, 212, 214) cónicas que corresponden, sustancialmente, a las regiones (200) del elemento (119) de parcheo de reprocesado compuesto,

- 5 en el que cada una de las secciones (202) adhesivas cónicas individuales tiene una tenacidad frente a fracturas entre láminas diferente, elemento (119) de parcheo de reprocesado compuesto que incluye una capa (220) compuesta, en el que la primera sección (210) de las capas (202,222) adhesivas cónicas tiene una relación de grosor con respecto a anchura variable a medida que se reduce de una parte más gruesa a una parte más delgada, en el que las capas (222) adhesivas incluyen un adhesivo (221) cónico de alta variabilidad, un adhesivo (223) cónico de variabilidad media y un adhesivo (225) cónico de baja variabilidad que forman una configuración de adhesivo cónico en la primera sección (210), en el que no está presente ningún hueco entre las capas (222) adhesivas, y una capa (224) adhesiva uniforme plana se coloca sobre el núcleo (203).
- 10 10. Método según la reivindicación 9, que comprende, además, formar las secciones adhesivas cónicas de manera que se reduce una extensión de una grieta.
11. Método según las reivindicaciones 9 o 10, que comprende, además: aplicar la pluralidad de capas adhesivas de manera que cada una de la pluralidad de capas adhesivas tiene una anchura diferente.
12. Aeronave que comprende un aparato según cualquiera de las reivindicaciones anteriores 1-8.

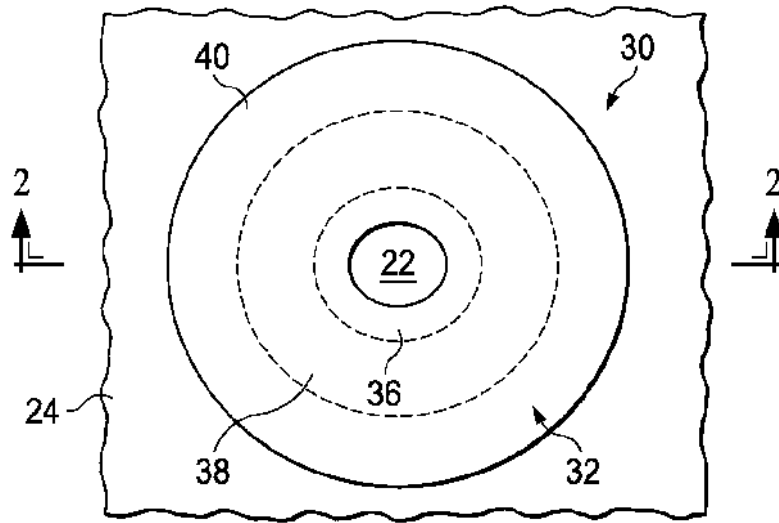


FIG. 1

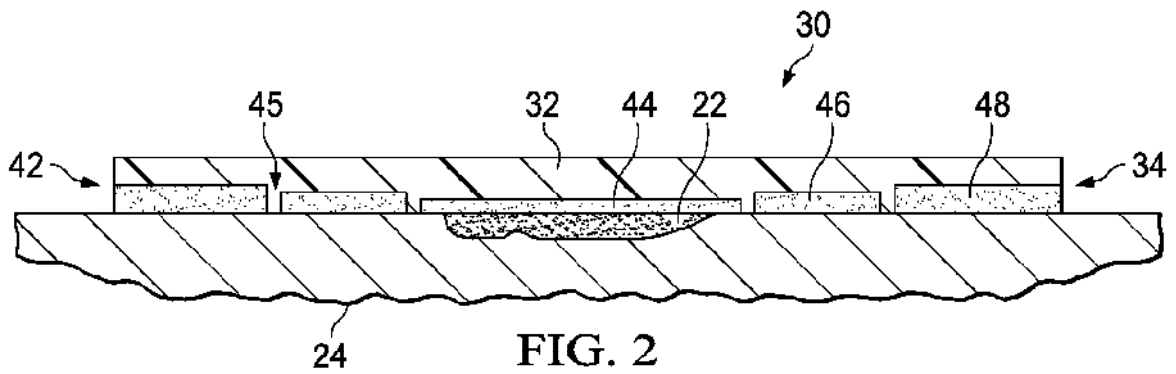


FIG. 2

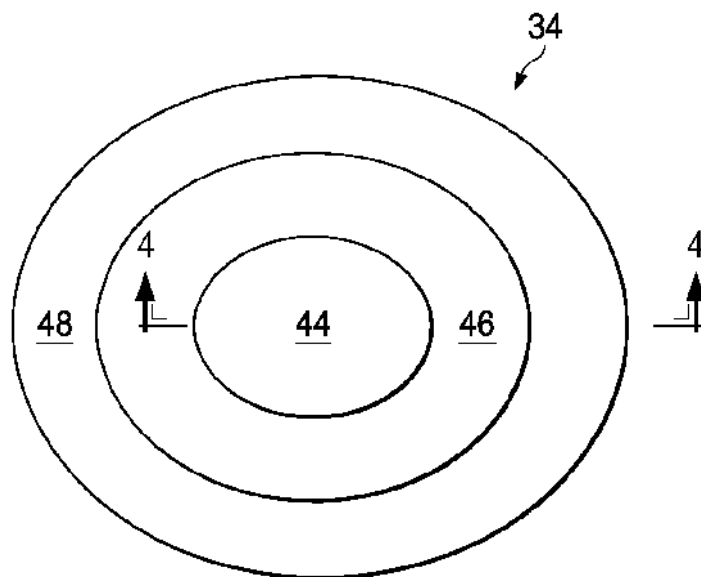


FIG. 3

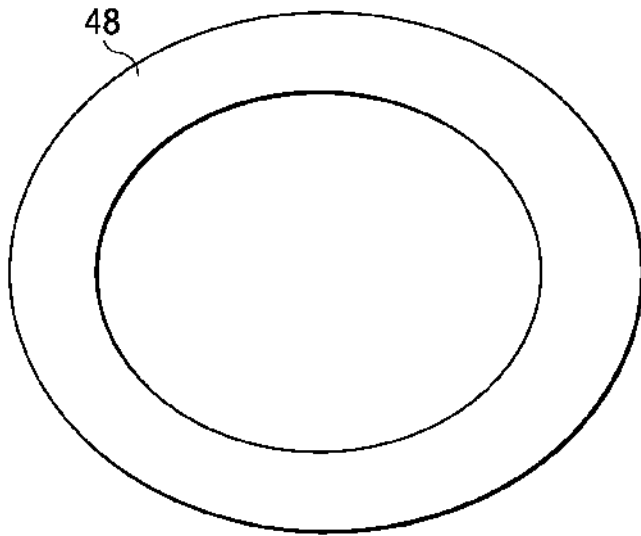


FIG. 3A

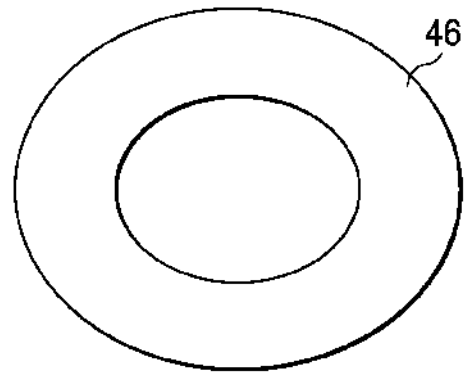


FIG. 3B

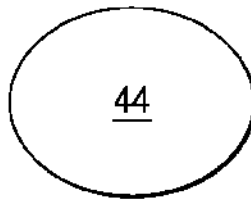


FIG. 3C

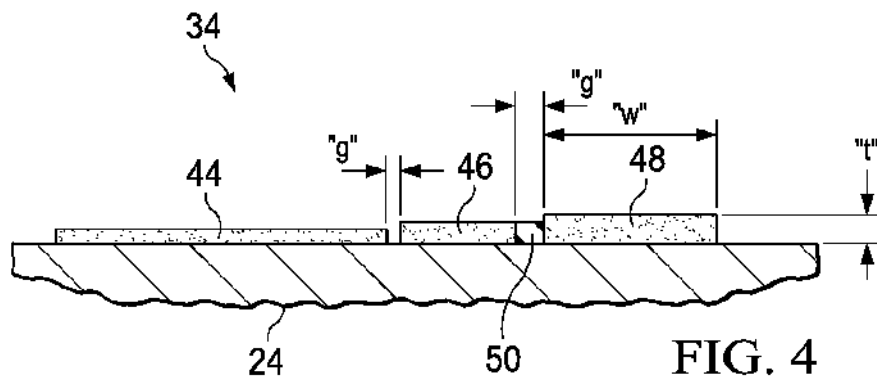


FIG. 4

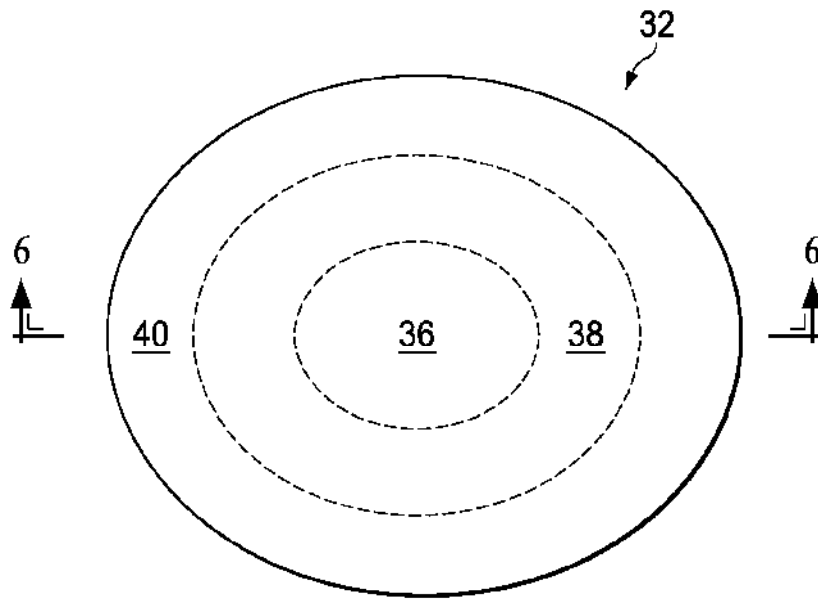


FIG. 5

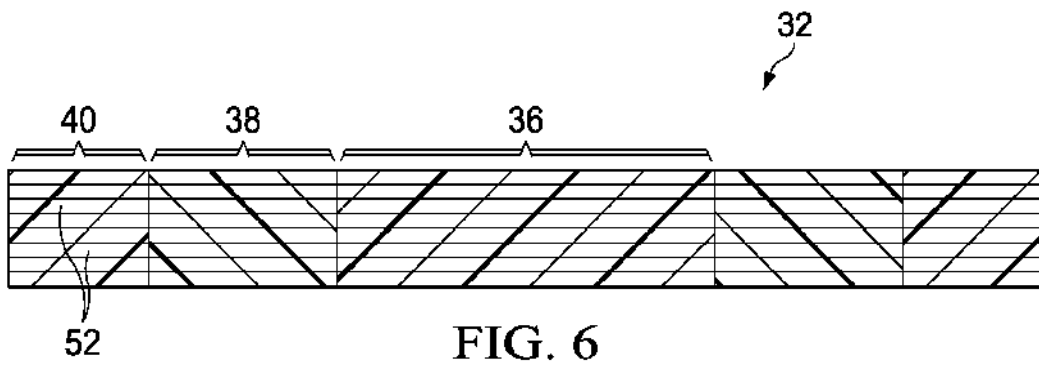
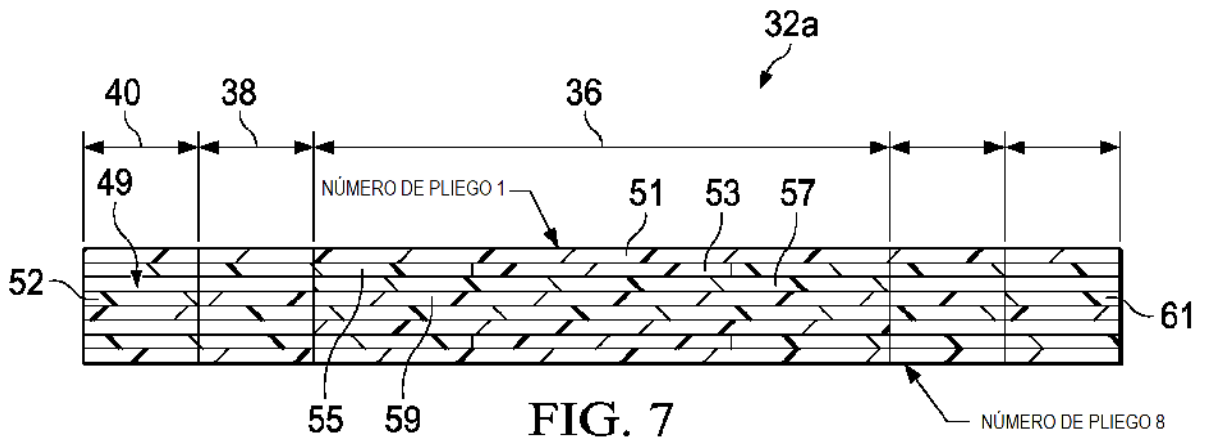


FIG. 6



47 NÚMERO DE PLIEGO	40 TERCERA REGIÓN	38 SEGUNDA REGIÓN	36 PRIMERA REGIÓN
1	0	0	0
2	90	90	90/+45
3	NINGUNO	NINGUNO	-45
4	90	0	0
5	90	0	0
6	NINGUNO	NINGUNO	-45
7	90	90	90/+45
8	0	0	0

FIG. 8

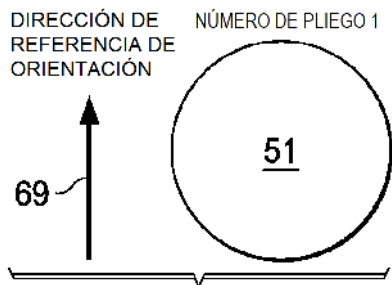


FIG. 9

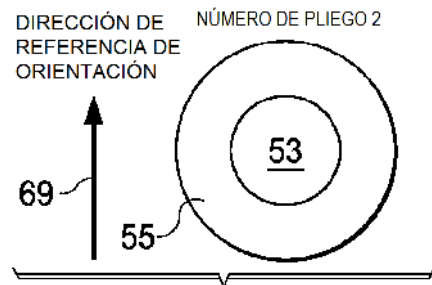


FIG. 10

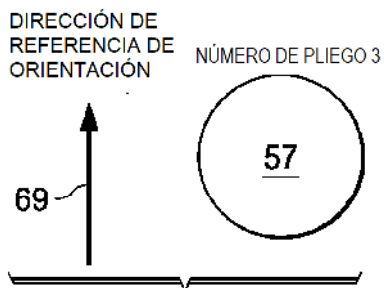


FIG. 11

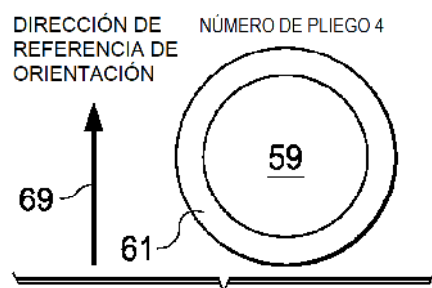


FIG. 12

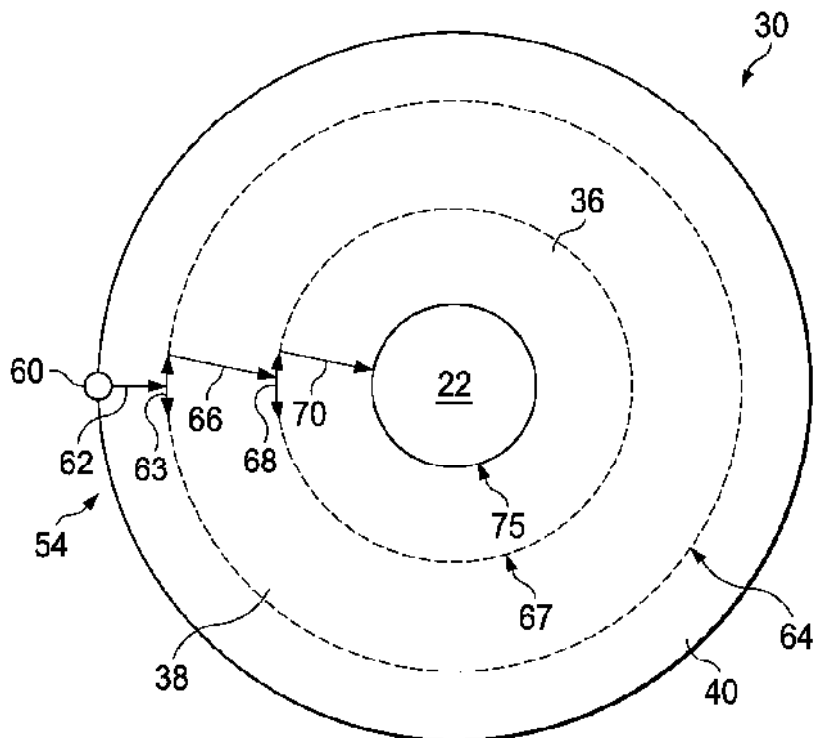
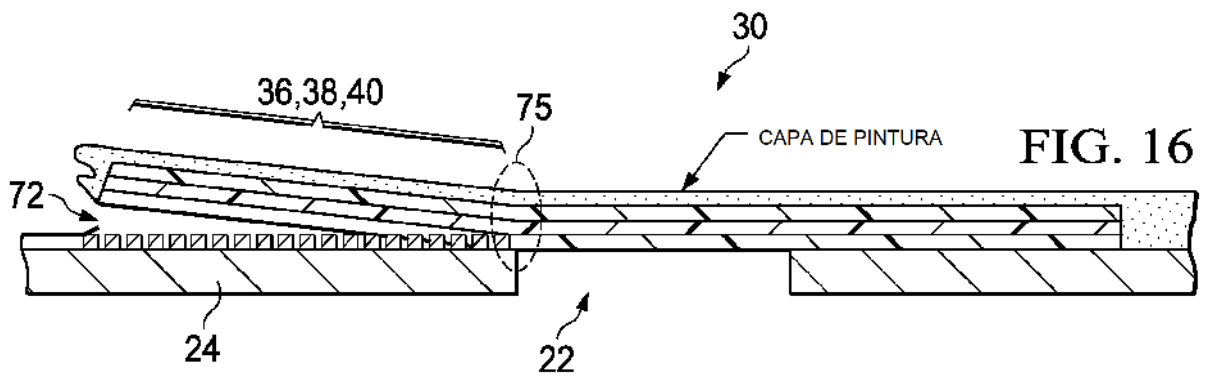
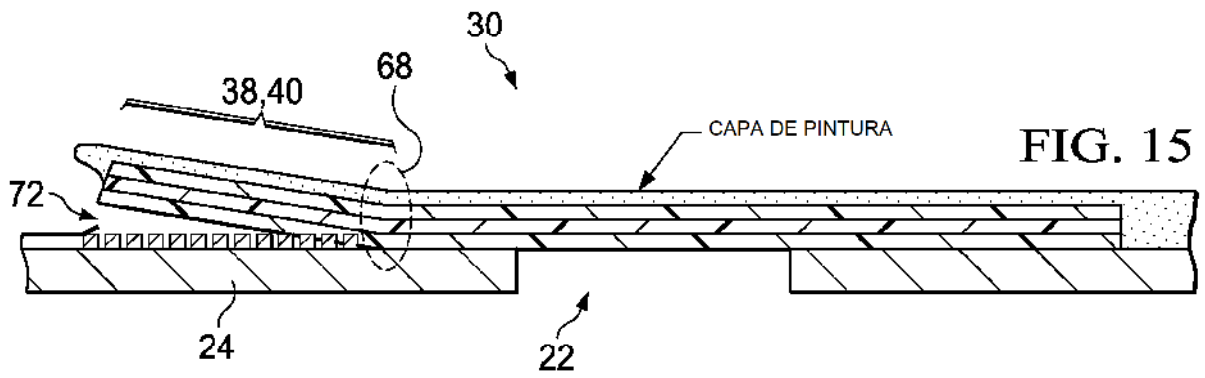
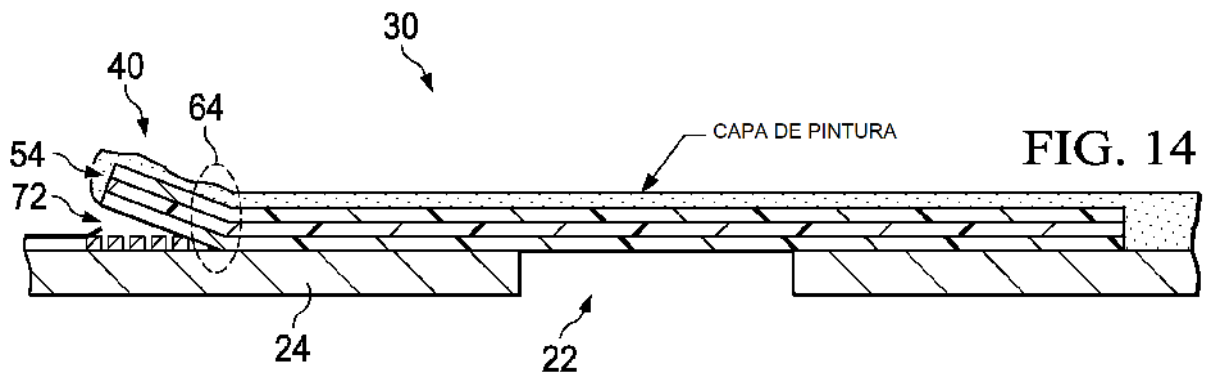


FIG. 13





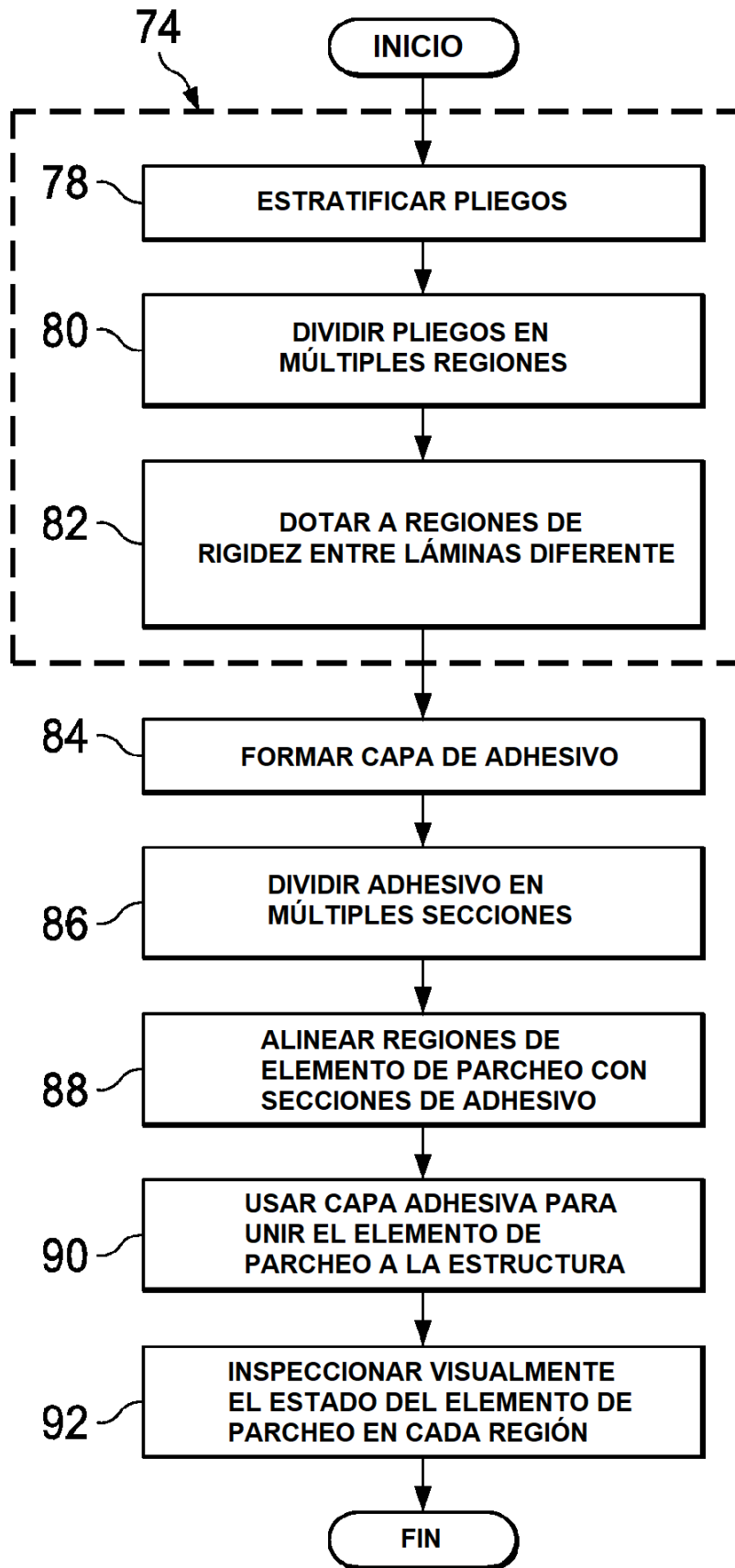


FIG. 17

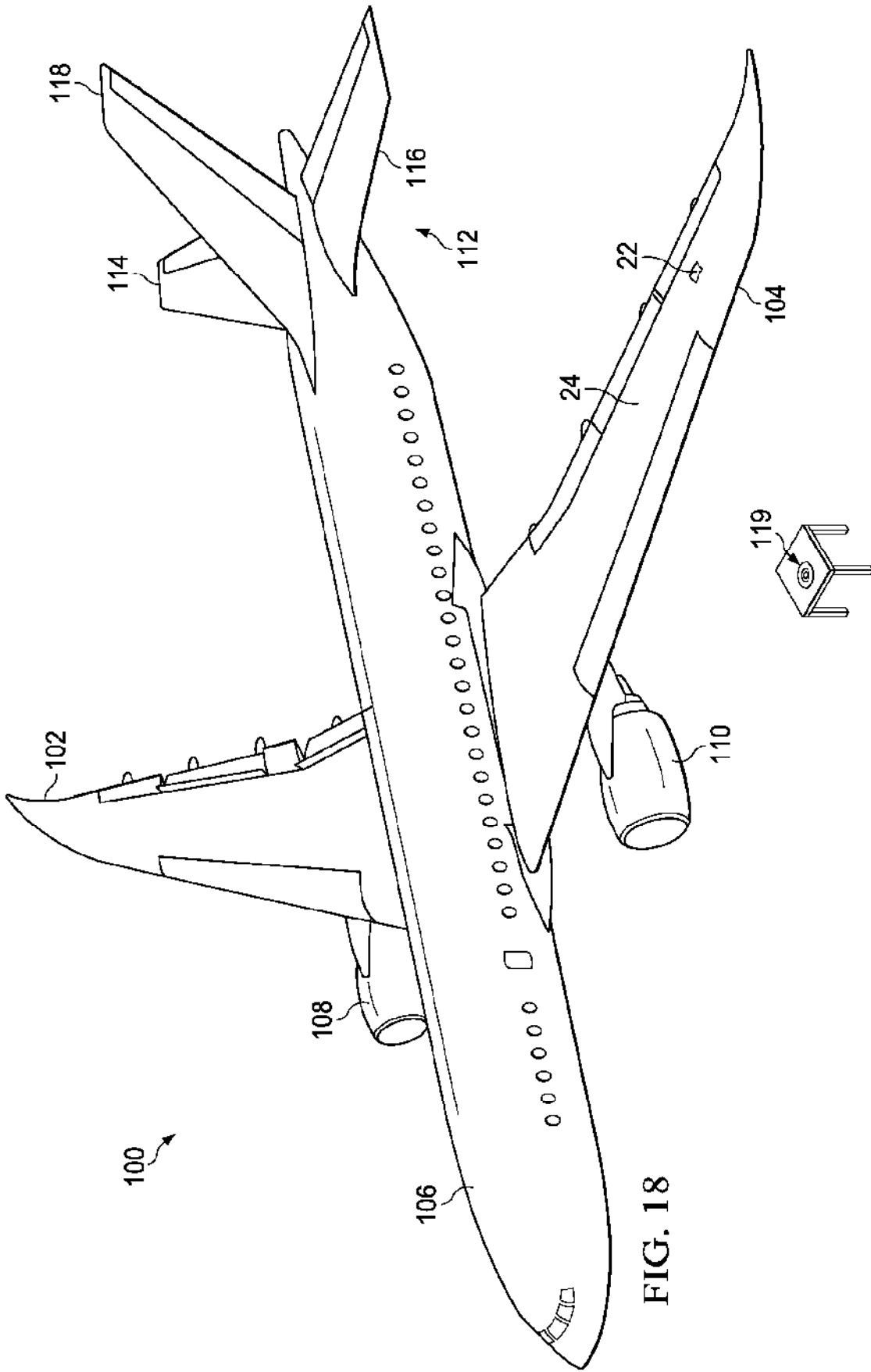
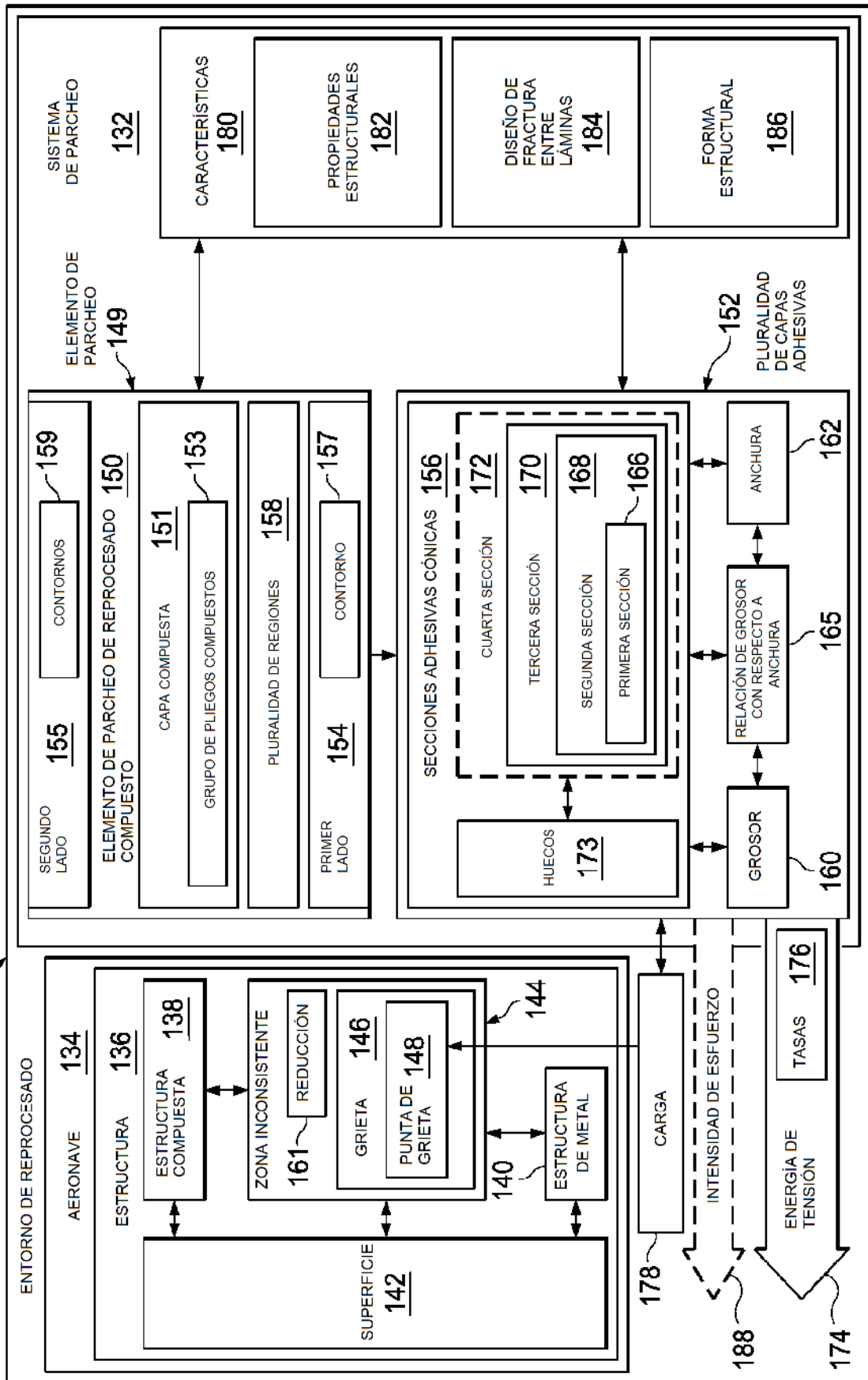


FIG. 18

FIG. 19



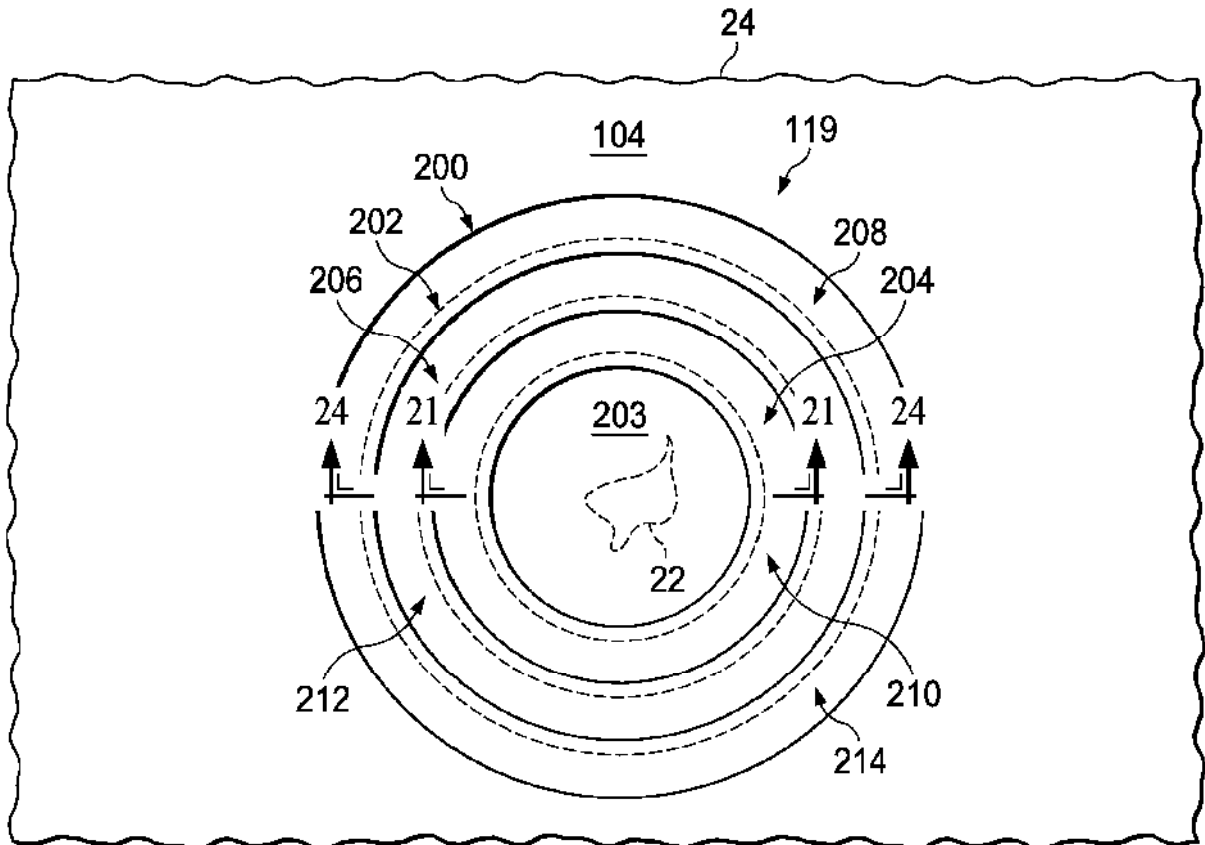


FIG. 20

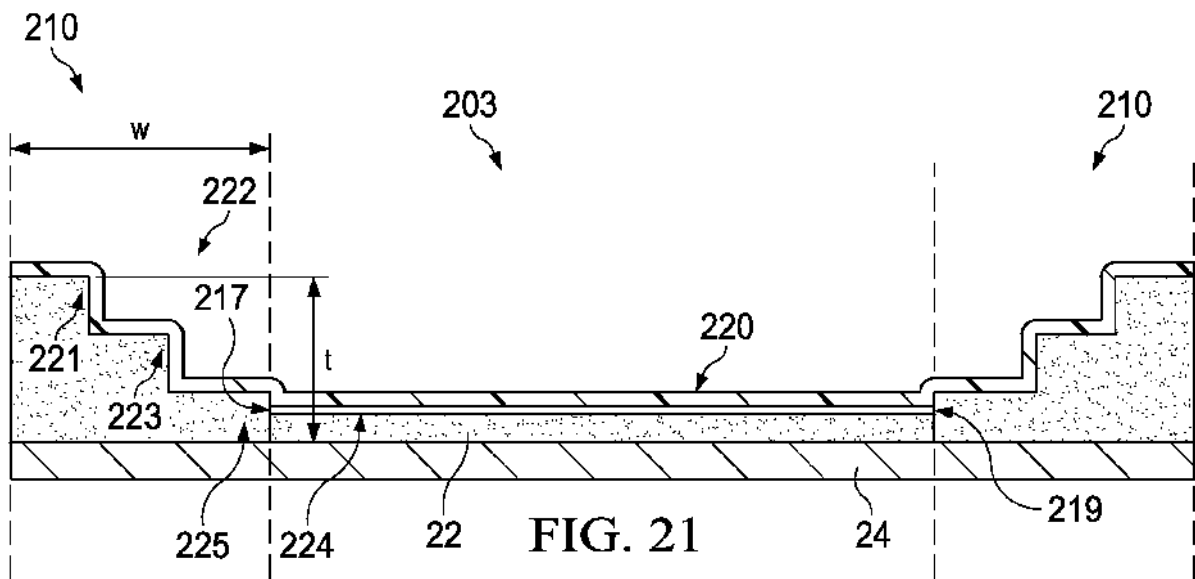


FIG. 21

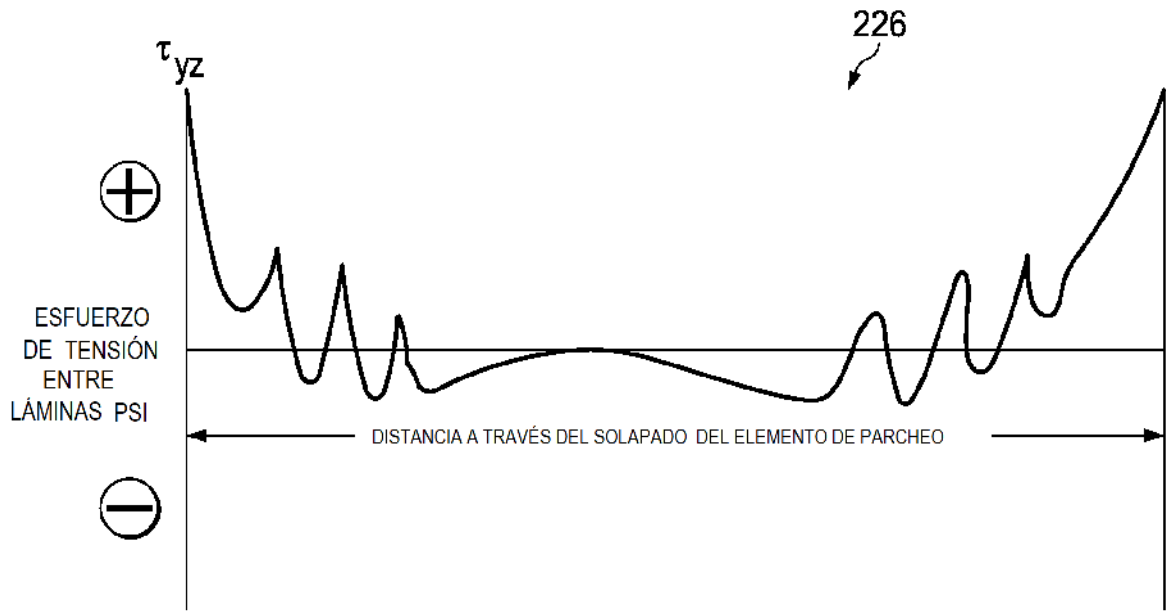


FIG. 22

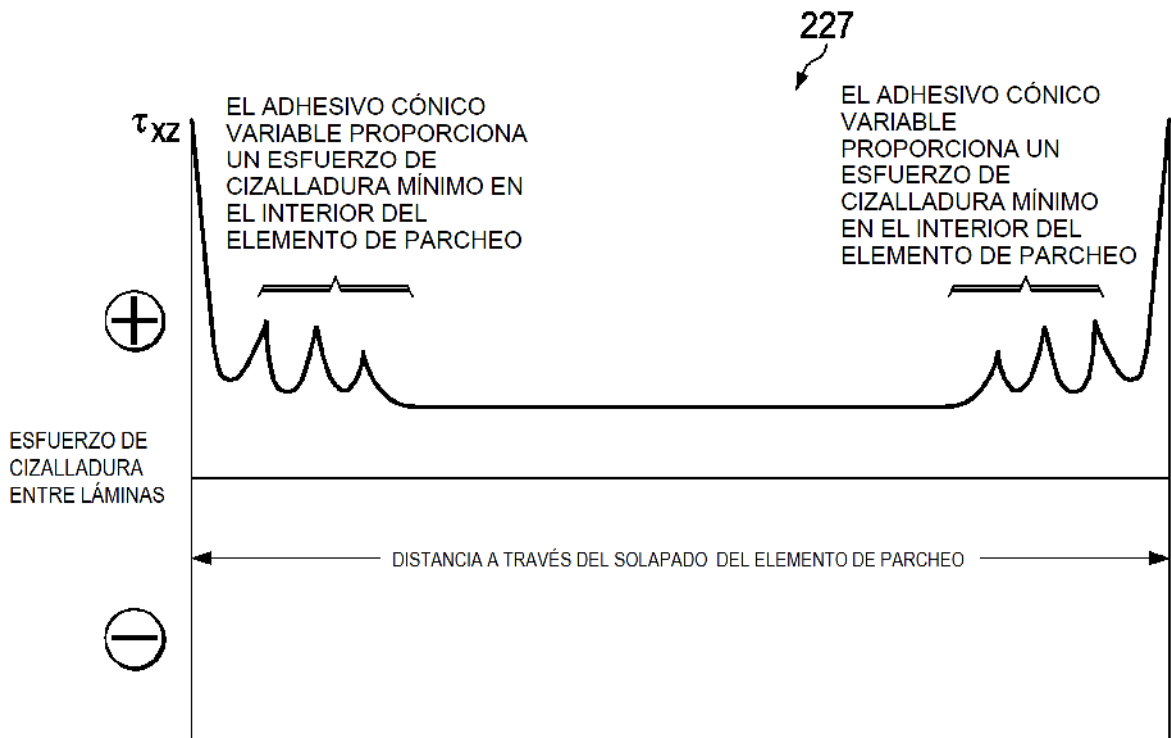


FIG. 23

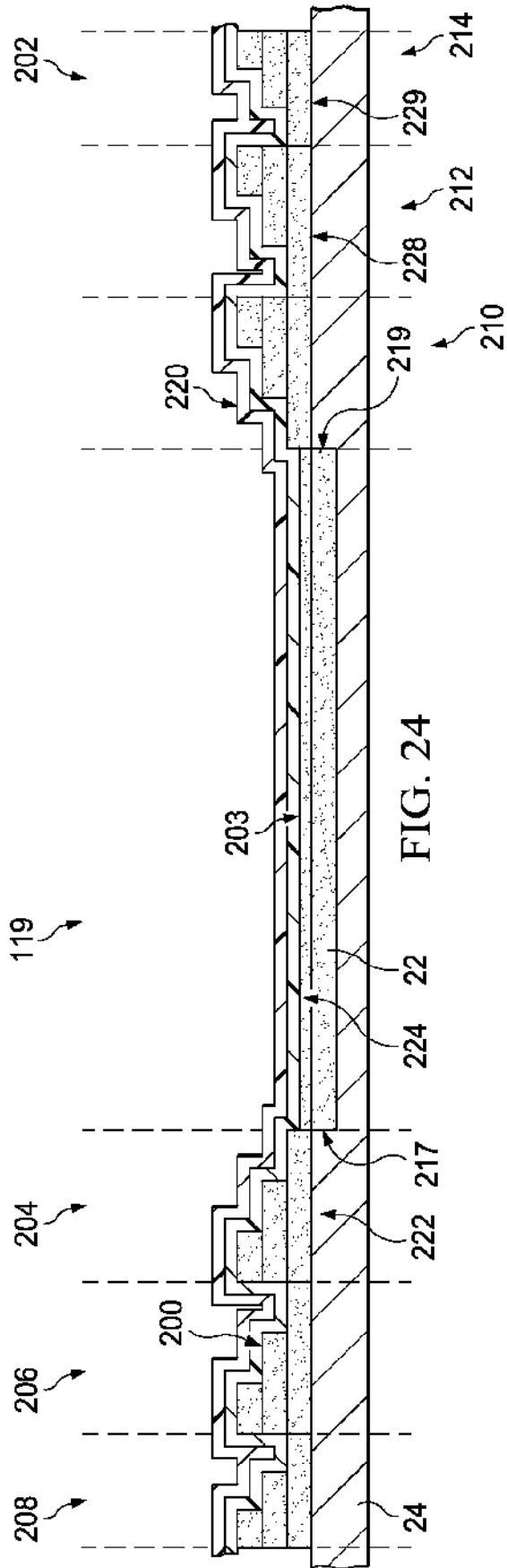


FIG. 24

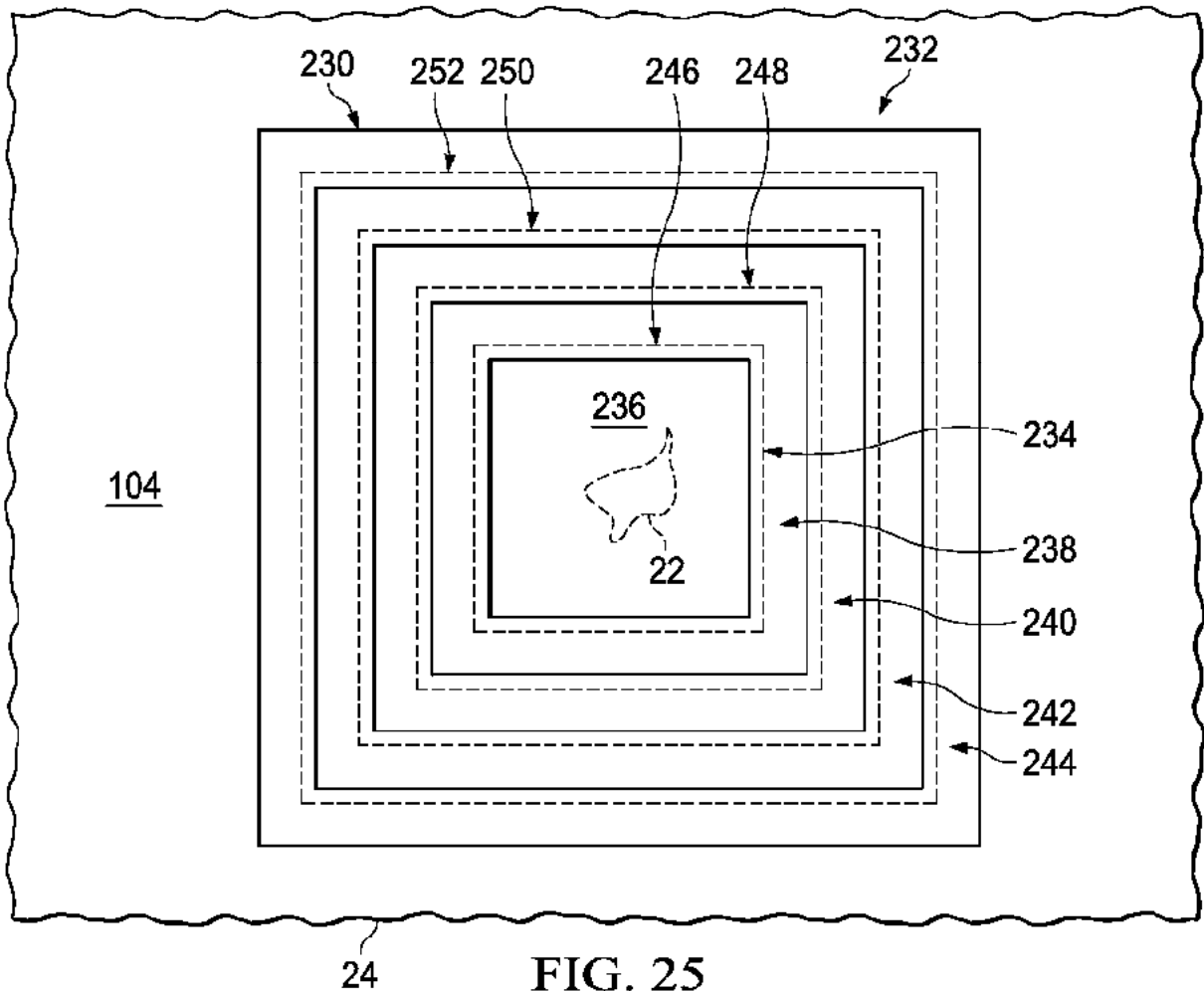


FIG. 25

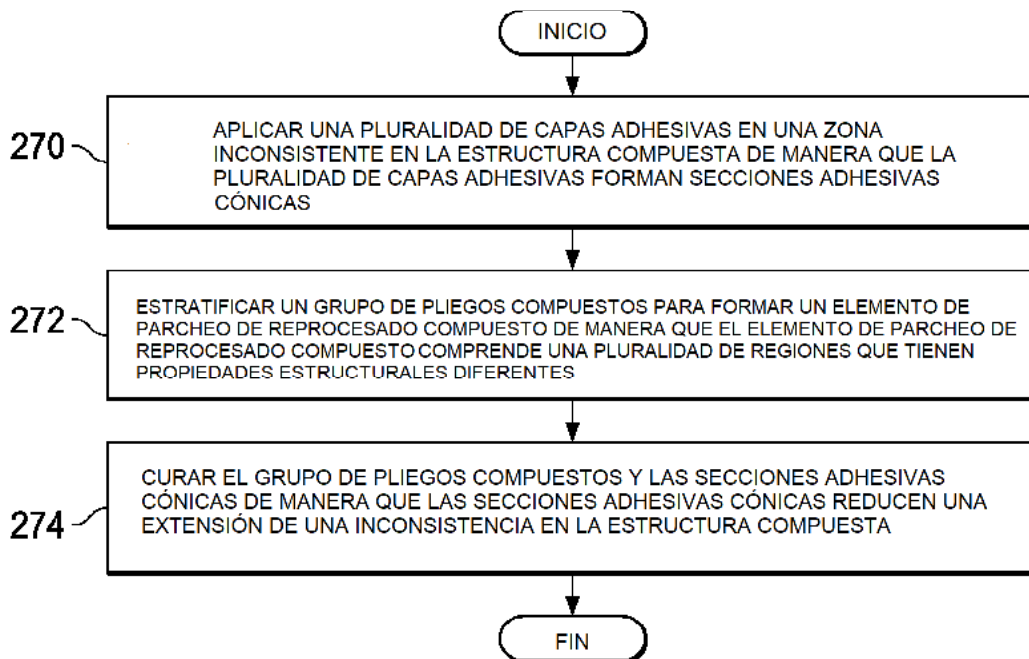


FIG. 26



