

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 775 728**

51 Int. Cl.:

C08J 5/04 (2006.01)

C08J 5/06 (2006.01)

C08J 5/24 (2006.01)

C08J 3/24 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.10.2017 E 17197632 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **01.01.2020 EP 3315542**

54 Título: **Inserción de catalizador dentro de fibras secas antes de la impregnación con la resina**

30 Prioridad:

25.10.2016 US 201615333826

10.11.2016 NL 2017758

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

28.07.2020

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**HUMFELD, KEITH DANIEL y
LANPHERE GROSS, GWEN MARIE**

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 775 728 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

Inserción de catalizador dentro de fibras secas antes de la impregnación con la resina

Campo

5 La divulgación se refiere al campo de los materiales compuestos, y en particular, a materiales que utilizan fibras termocuradas, especialmente fibras de carbono.

Base

10 Los laminados impregnados previamente ("pre-preg") de fibra de carbono pueden ser dispuestos en una serie de hebras (estopas/secciones de cinta de fibra de carbono) que están ordenadas en una forma compleja y entonces son curadas hasta una parte compuesta (por ejemplo, una parte de Polímero Reforzado de Fibra de Carbono (CFRP)) que tiene propiedades físicas deseadas. Los laminados pre-preg pueden ser fabricados inicialmente como un lote de fibras secas de carbono que están orientadas de modo paralelo una a otra, que pueden ser entonces impregnadas con una resina termocurada. Una resina puede incluir, por ejemplo, una suspensión líquida de monómeros multifuncionales de epoxi que reaccionan químicamente para formar un polímero sólido que liga juntas las fibras de carbono. Dado que la tasa de polimerización puede ser particularmente lenta (por ejemplo, operando en escalas de tiempo que son inadecuadas para la fabricación en masa), se incluye un catalizador dentro de la resina, para acelerar la tasa de polimerización de los monómeros. El pre-preg puede entonces ser dispuesto en una forma deseada y curado.

20 Sin embargo, queda un proceso complejo para balancear las relaciones de catalizador, monómero y fibra. Dado que los laminados pueden ser fabricados como una serie de capas que conforman una forma deseada, es deseable que la resina mantenga suficiente adhesividad (*tack*) a temperatura ambiente, con objeto de asegurar que las hebras se adhieren una a otra, mientras están todavía en curado (comprometidas en polimerización acelerada) a una temperatura elevada.

25 La cinética de curado de los laminados pre-preg dicta que se dé un balance entre la vida de trabajo y el tiempo de curado. La vida de trabajo corresponde a la cantidad de tiempo en que una hebra exhibe adhesividad (por ejemplo, a temperatura ambiente) antes del curado. Para laminados pre-preg que utilizan una cantidad sustancial de catalizador dentro de la resina, la vida de trabajo se acorta y la resina se torna rápidamente viscosa, lo cual va en detrimento de los procesos de disposición. Esto es, aunque el aumento en cantidades de catalizador puede suministrar tiempos de curado altamente acelerados, ellos pueden conducir también a una vida de trabajo imprácticamente corta ("*pot life*") para un laminado. En contraste, si no se usa suficiente catalizador entonces el tiempo de curado se extiende, lo cual reduce la eficiencia.

35 Ciertos laminados pre-preg pueden utilizar un catalizador activado con calor dentro de la resina, con objeto de desencadenar de manera selectiva la polimerización acelerada y aumentar de ese modo la vida de trabajo. Sin embargo, los catalizadores activados con calor dentro de la resina puede fallar en la penetración adecuada entre las fibras de carbono durante el proceso de impregnación, dando como resultado una distribución no uniforme de la resina (y por ello características no uniformes de curado) a través del laminado resultante de pre-preg, lo cual es indeseable. En realizaciones adicionales, en lugar de un laminado pre-preg, puede utilizarse un laminado preformado seco, que comprende un lote de fibras secas que ocupa una forma tridimensional (3D).

Por al menos las razones discutidas anteriormente, es deseable buscar laminados pre-preg mejorados que exhiban uniformemente las propiedades de vida de trabajo y tiempo de curado deseadas.

40 El documento US 3,395,105 A intitulado 'Epoxy Systems containing encapsulated pressure fracture curing agents', de acuerdo con su resumen, establece: "Esta invención está dirigida a composiciones de resina epoxi que contienen un agente de curado encapsulado en la forma de pequeñas cápsulas fracturables que contienen un material reactivo con grupos epoxi a temperatura sustancialmente ambiente, preferiblemente un aminofenol soluble en agua, encapsuladas en un coloide protector curado, tal como gelatina, en el que tales composiciones pueden ser dispuestas a temperatura ambiente, y cuando se desee, mediante aplicación de presión, dichas cápsulas pueden ser rotas para liberar tal material reactivo, para reacción con la resina epoxi a temperatura normal, para afectar el curado rápido y eficiente de ellas."

50 El documento EP 3000850 A1 intitulado 'Polymer nanoparticles for controlling resin reaction rates' de acuerdo con su resumen, establece: "Una composición puede incluir una resina de termocurado que contiene una pluralidad de nanopartículas de polímero. Al menos algunas de las nanopartículas de polímero pueden liberar un catalizador o un agente de curado durante un proceso de curado de una resina. El catalizador o agente de curado pueden alterar la tasa de reacción de la resina."

Resumen

La presente divulgación intercala y/o liga y/o atrae de modo benéfico cápsulas de catalizador (por ejemplo, cápsulas que liberan catalizador en respuesta al calor) entre/a un lote de fibras secas, preferiblemente fibras de carbono, antes de la impregnación de las fibras con resina.

5 Dado que las fibras secas son curvadas fácilmente con la aplicación de fuerza, mejora la habilidad de las cápsulas de catalizador para penetrar profundamente dentro de un lote de fibras. Así, la adición de cápsulas de catalizador antes del proceso de impregnación aumenta de manera benéfica la habilidad de las cápsulas de catalizador para dispersarse de manera homogénea en el laminado resultante, lo cual asegura que el laminado exhibe características uniforme relacionadas con el tiempo de curado y/o vida de trabajo.

10 La presente divulgación se refiere a un método que incluye la obtención de un lote de fibras secas y un lote de cápsulas de catalizador, que cada una comprende catalizador que acelera la polimerización de los monómeros de una resina. Una concha encapsula el catalizador y se rompe bajo condiciones predeterminadas. La concha de cápsula se licúa a una temperatura de curado. El método incluye además intercalar las cápsulas de catalizador entre las fibras secas. El método incluye además la atracción y/o unión de las cápsulas de catalizador intercaladas, a una o más de las fibras secas. La cápsula de catalizador es preferiblemente hecha de, o recubierta con, un material que es atraído o se adhiere a la fibra seca, por ejemplo una fibra seca de carbono, pero cuyo material no es soluble en la resina. Tal material puede comprender un hidrocarburo aromático policíclico.

Las cápsulas de catalizador y/o una o más de las fibras de carbono pueden ser suministradas con un pegamento de epoxi para suministrar un enlace covalente entre las cápsulas y las fibras.

20 En particular, la presente divulgación entrega un método para el suministro de una preforma y una resina para mezclar juntas, para proveer una composición para una parte compuesta, en la que el método comprende los pasos de:

obtención de un lote de fibras secas;

25 obtención de un lote de cápsulas de catalizador, en el que cada cápsula comprende un catalizador y una concha que encapsula el catalizador, cuya concha puede ser rota bajo condiciones predeterminadas, para liberar de ese modo el catalizador encapsulado;

obtención de una resina para impregnar el lote de fibras secas, en la que el catalizador acelera la polimerización de monómeros en la resina;

intercalar las cápsulas de catalizador entre las fibras secas;

30 atracción y/o unión de las cápsulas de catalizador a una o más de las fibras secas;

en el que la resina para impregnar el lote de fibras secas es una resina libre de catalizador, que comprende además el paso de impregnación de las fibras con la resina después de intercalar las cápsulas de catalizador entre las fibras, y atracción y/o unión de las cápsulas intercaladas de catalizador a las fibras, en lo cual al alcanzar las condiciones predeterminadas, se rompen las conchas para liberar el catalizador para catalizar de este modo la polimerización de los monómeros de resina.

35 Dado que el catalizador está contenido en cápsulas, las cuales están intercaladas entre las fibras secas y también atraídas y/o enlazadas a las fibras secas, no es necesario que la resina comprenda ningún catalizador, y las cápsulas de catalizador permanecen sobre las fibras durante la impregnación de resina.

En la técnica se entiende que las fibras secas son fibras que no han sido expuestas a una resina de curado.

40 Las cápsulas de catalizador pueden ser atraídas y/o unidas a las fibras, dotando a las fibras con una carga electrostática, preferiblemente por uno o más de los siguientes:

vía electricidad estática, por ejemplo aplicando una carga eléctrica a las cápsulas, preferiblemente mediante un cañón de electrones;

45 vía una reacción química, por ejemplo mediante la aplicación de las cápsulas mediante un baño químico ácido/básico a las fibras, o en el que las cápsulas están incluidas en una suspensión química aplicada a las fibras;

vía fuerzas de Van der Waals.

Una o más de las fibras puede atraer y/o unir las cápsulas de catalizador durante el intercalado, y/o atraer y/o unir los monómeros de resina durante la impregnación, mediante un rasgo superficial o encolado ordenado sobre la

superficie de una o más de las fibras, cuyo rasgo de superficie incluye preferiblemente uno o más nanotubos de carbón, y/o uno o más estructuras poliméricas.

El intercalado de las cápsulas de catalizador entre las fibras, puede comprender uno o más de los siguientes pasos de proceso:

5 Soplado de las cápsulas de catalizador a través de las fibras secas;

cardado de las cápsulas de catalizador a través de las fibras secas;

separación de las fibras con una barra de tensión, y cernido de las cápsulas de catalizador a través de las fibras.

El paso de ruptura de la concha de cápsulas puede ser llevado a cabo mediante uno o más de los siguientes pasos de proceso;

10 calentamiento de las cápsulas de catalizador a la condición predeterminada de una temperatura para licuar la concha y liberar el catalizador de las cápsulas, para mezclar con la resina y acelerar de este modo la polimerización de los monómeros de resina, cuya temperatura es preferiblemente la temperatura de curado de la resina;

15 sometimiento de la concha, que comprende además una bolsa de gas dentro de la concha, a una presión predeterminada y/o temperatura predeterminada, presión y/o temperatura predeterminadas bajo las cuales la concha se rompe para liberar el catalizador de polimerización de monómero de resina;

calentamiento de las cápsulas de catalizador a la temperatura predeterminada, con lo cual funde un segundo catalizador presente en la concha con objeto de liberar el catalizador de polimerización de resina.

20 A continuación de la ruptura de las cápsulas de catalizador, puede llevarse a cabo un paso de curado para suministrar una parte compuesta. La divulgación también se refiere a una parte compuesta obtenible en este proceso y una aeronave que comprende tal parte compuesta.

Se divulga también una preforma; la preforma comprende:

fibras secas; y

25 cápsulas de catalizador intercaladas entre las fibras secas - en la que cada cápsula de catalizador comprende una concha y un catalizador encapsulado dentro de la concha, catalizador que acelera la polimerización de monómeros de resina utilizables en el curado de la preforma - en el que una o más de las fibras están configuradas para atraer y/o unir las cápsulas intercaladas de catalizador, a la superficie de las fibras secas.

30 La configuración de las fibras secas para atraer y/o unir las cápsulas de catalizador a ellas, significa que se obtiene una distribución mejorada del catalizador en las fibras y también se obvia la necesidad de incluir el catalizador dentro de la resina antes de la impregnación.

Las fibras secas están configuradas preferiblemente en forma de un rasgo o encolado ordenados sobre una superficie de una o más de las fibras secas, rasgo de superficie o encolado que comprenden preferiblemente uno o más de los siguientes:

35 un nanotubo de carbón;

una estructura polimérica, estructura polimérica que opcionalmente está dotada previamente de una cantidad de las cápsulas de catalizador atrapadas allí.

Las fibras secas pueden estar configuradas también para suministrar una carga electrostática a la superficie de una o más de las fibras secas.

40 Las fibras secas pueden ser por ejemplo fibras de carbono, fibras de vidrio o fibras de metal.

La preforma puede tener una o más de las siguientes características técnicas:

- Una relación de fibras secas de carbono a cápsulas de catalizador de entre diez a uno y dos a uno, preferiblemente en la que la relación de volumen de fibras secas de carbono a cápsulas de catalizador es de cinco a uno;

45 •en la que las cápsulas de catalizador son esféricas y las fibras secas de carbono son cilíndricas, preferiblemente en la que las cápsulas de catalizador tienen un diámetro de un quinto del diámetro de las fibras

secas de carbono;

- en la que las cápsulas de catalizador son cilíndricas y las fibras secas de carbono son cilíndricas, preferiblemente en la que las cápsulas de catalizador tienen un diámetro de entre dos quintos y tres quintos del diámetro de las fibras secas de carbono;

5 •en el que múltiples cápsulas de catalizador están unidas a cada fibra seca de carbono a lo largo de una circunferencia de la fibra seca de carbono.

Las cápsulas de catalizador pueden comprender uno o más de los siguientes:

- filamentos elongados que tienen un espesor entre 2 y 3 μm (dos y tres micrones);

- filamentos elongados que tienen un espesor entre dos quintos y tres quintos de un espesor de las fibras;

10 •las cápsulas de catalizador son esféricas y tienen un diámetro de 1 μm (un micrón):

- las cápsulas de catalizador tienen un diámetro que es un quinto del espesor de una fibra seca.

Las cápsulas de catalizador pueden contener también:

un segundo catalizador que funde a la temperatura predeterminada, con objeto de liberar el catalizador de polimerización de resina; y/o

15 una bolsa de gas dentro de la concha, que bajo una presión predeterminada rompe la concha para liberar el catalizador de polimerización de monómero de resina.

La divulgación se refiere también a un método para suministrar una preforma que comprende los pasos de obtención de un lote de fibras secas, la configuración una o más de las fibras secas dentro de dicho lote, para atraer y/o unir cápsulas de catalizador hacia ellas;

20 intercalar cápsulas de catalizador entre las fibras secas y atraer y/o unir las cápsulas de catalizador a una o más de las fibras secas - cápsulas de catalizador que comprenden un catalizador y una concha que encapsula el catalizador, concha que puede ser rota bajo condiciones predeterminadas, para liberar de esta forma el catalizador encapsulado.

25 La divulgación se refiere también a un sistema que incluye las fibras secas y el suministro de cápsulas de catalizador, sistema que también incluye un aparato que intercala las cápsulas de catalizador entre las fibras secas.

El aparato puede comprender medios para intercalar cápsulas de catalizador entre las fibras secas, medios para impregnar las fibras secas con resina libre de catalizador, medios para adherir las cápsulas a las fibras y medios para disponer una preforma.

30 La divulgación también se refiere a un método que comprende la impregnación de fibras secas con una resina libre de catalizador, intercalar cápsulas de catalizador entre las fibras impregnadas con resina, adherencia de las cápsulas a las fibras y disposición de una preforma.

35 De modo alternativo, las fibras secas pueden ser dotadas con un promotor de adhesividad, antes de intercalar la resina con cápsulas de catalizador, seguido por adherencia de las cápsulas de catalizador a las fibras y disposición de una preforma.

Otros ejemplos (por ejemplo, métodos y medios que pueden ser leídos en computador, relacionados con las realizaciones precedentes) pueden ser descritos abajo.

La divulgación es tratada también en las siguientes cláusulas, que no deben confundirse con las reivindicaciones:

40 1. Un método para el suministro de una preforma para una parte compuesta, en el que el método comprende los pasos de

obtención de un lote de fibras secas, preferiblemente fibras de carbono,

45 obtención de un lote de cápsulas de catalizador - en el que cada cápsula comprende catalizador que acelera la polimerización de monómeros de una resina y una concha que encapsula el catalizador, concha que puede ser rota bajo condiciones predeterminadas, para liberar de ese modo el catalizador encapsulado -; e

intercalar las cápsulas de catalizador entre las fibras secas.

2. Método de acuerdo con la cláusula 1, que comprende además el paso de impregnación de las fibras con la resina después de intercalar las cápsulas de catalizador con las fibras.

5 3. Método de las cláusulas 1 o 2, que comprende además el enlace de las cápsulas de catalizador con las fibras secas, antes de impregnar las fibras con la resina.

4. Método de acuerdo con la cláusula 3, en el que las cápsulas de catalizador están enlazadas a las fibras secas mediante de uno o más de los siguientes:

- vía electricidad estática, por ejemplo mediante aplicación de una carga eléctrica a las cápsulas, preferiblemente mediante un cañón de electrones;

10 •vía una reacción química, por ejemplo mediante aplicación de las cápsulas, a través de un baño químico a las fibras, o en el que las cápsulas están incluidas en una suspensión química aplicada a las fibras;

- vía fuerzas de Van der Waals.

en otras palabras, las fibras están configuradas previamente para atraer y/o enlazar, unir las cápsulas de catalizador, a ellas.

15 5. Método de cualquiera de las cláusulas 1-4, que comprende además el paso de ruptura de la concha de cápsulas por calentamiento de las cápsulas de catalizador a la condición predeterminada de una temperatura, para licuar la concha y liberar el catalizador de las cápsulas, para mezclar con la resina y acelerar de ese modo la polimerización de la resina. La temperatura predeterminada puede estar por debajo de la temperatura de curado de la resina, lo cual permitiría la mezcla del catalizador con la resina y la humectación completa de las fibras antes del inicio del
20 curado, o a/sobre la temperatura de curado de la resina.

6. Método de acuerdo con cualquiera de las cláusulas precedentes, en el que las cápsulas de catalizador no contienen resina.

7. Método de acuerdo con las cláusulas 5 o 6, en el que la resina polimerizada es más viscosa que los monómeros de resina.

25 8. Método de acuerdo con cualquiera de las cláusulas precedentes, en el que la impregnación de las fibras con la resina comprende causar que la resina fluya entre las fibras secas, para formar una matriz de resina que ocupa espacio entre las fibras secas.

9. Método de acuerdo con cualquiera de las cláusulas precedentes, en el que las fibras secas están configuradas para atraer los monómeros de resina mediante, por ejemplo, un rasgo de superficie sobre las fibras, tal como
30 encolado/tratamiento químico que atrae los monómeros de resina y/o una modificación en la superficie de las fibras, que promueve la humectación de las fibras por la resina.

10. Método de acuerdo con la cláusula 9 en el que cuando el rasgo de superficie de la fibra comprende un encolado, el encolado reacciona químicamente con la resina o cuando el rasgo de superficie comprende una modificación de superficie, la modificación de superficie es humectada por la resina, en ambos casos antes de que el catalizador sea
35 liberado desde las cápsulas de catalizador.

11. Método de acuerdo con las cláusulas 9 o 10, en el que el rasgo de superficie de las fibras incluye nanotubos.

12. Método de acuerdo con cualquiera de las cláusulas 5-11 precedentes, en el que la concha de catalizador comprende un segundo catalizador que funde a la temperatura predeterminada, con objeto de liberar el catalizador de polimerización de resina.

40 13. Método de acuerdo con cualquiera de las cláusulas precedentes, en el que la condición predeterminada para la ruptura de la concha comprende una bolsa de gas dentro de la concha, la cual bajo presión rompe la concha para liberar el catalizador de polimerización de resina.

14. Método de acuerdo con cualquiera de las cláusulas precedentes, en el que el intercalar las cápsulas de catalizador entre las fibras secas comprende la flexión y/o deflexión de las fibras secas, habilitando de este modo a
45 las cápsulas para penetrar profundamente dentro del lote de fibras, sin interferencia.

15. Método de acuerdo con la cláusula 14, en el que el intercalar el catalizador comprende uno o más de los siguientes:

- soplado de las cápsulas de catalizador a través de las fibras;
 - cardado de las cápsulas de catalizador a través de las fibras;
 - separación de las fibras con una barra de tensión, y cernido de las cápsulas de catalizador a través de las fibras.
- 5 16. Método de cualquiera de las cláusulas 2-15 precedentes, en el que:
- las cápsulas de catalizador ocupan entre diez y quince por ciento de un volumen combinado de la resina, cápsula de catalizador y fibras; y/o
- la resina ocupa entre treinta y treinta y cinco por ciento de un volumen combinado de la resina, cápsula de catalizador, y fibras; y/o
- 10 las fibras ocupan entre cincuenta y sesenta por ciento de un volumen combinado de la resina, cápsulas de catalizador, y fibras.
17. Método de acuerdo con cualquiera de las cláusulas 2-16 precedentes, en el que la resina es una resina libre de catalizador.
- 15 18. Método de acuerdo con cualquiera de las cláusulas precedentes, en el que las cápsulas de catalizador comprenden uno o más de los siguientes:
- filamentos elongados que tienen un espesor entre 2 y 3 μm (dos y tres micrones);
 - filamentos elongados que tienen un espesor entre dos quintos y tres quintos del espesor de las fibras.
19. Método de acuerdo con cualquiera de las cláusulas precedentes, en el que:
- las cápsulas de catalizador son esféricas y tienen un diámetro de 1 μm (un micrón); y/o
- 20 las cápsulas de catalizador tienen un diámetro que es un quinto del espesor de una fibra.
20. Método de acuerdo con cualquiera de las cláusulas precedentes, que comprende además:
- adherencia de la preforma a una temperatura de adhesión que es inferior a una temperatura de curado a la cual rompen las conchas de las cápsulas de catalizador.
21. Método de acuerdo con cualquiera de las cláusulas precedentes, que comprende además:
- 25 calentamiento de la preforma y compresión de la preforma.
22. Método de acuerdo con cualquiera de las cláusulas 2-21 precedentes, en el que el paso de impregnación de la preforma con la resina rompe los enlaces entre las cápsulas de catalizador y las fibras secas.
23. Método de acuerdo con cualquiera de las cláusulas 3-22 precedentes, que comprende el paso adicional de humectación de las fibras con resina en ubicaciones ocupadas previamente por las cápsulas enlazadas de catalizador.
- 30 24. Método de acuerdo con cualquiera de las cláusulas precedentes, en el que la impregnación de la preforma con resina comprende el recubrimiento de la preforma con una bolsa a vacío; y compresión de la preforma mientras se atrae la resina a través de la preforma.
- 35 25. Método de acuerdo con cualquiera de las cláusulas precedentes que comprende además el curado de la preforma para suministrar una parte compuesta.
26. Método de acuerdo con la cláusula 25, en el que antes del curado, la preforma es colocada y ordenada en una forma predeterminada.
27. Una preforma para una parte compuesta, en la que la preforma comprende:
- fibras secas, preferiblemente fibras de carbono; y
- 40 cápsulas de catalizador intercaladas entre las fibras secas de carbono, en las que cada cápsula de catalizador comprende una concha y catalizador encapsulado dentro de la concha, catalizador que acelera la polimerización de monómeros de resina útiles en el curado de la preforma.

28. La preforma de la cláusula 27, en la que las cápsulas de catalizador están enlazadas con las fibras mediante de uno o más de los siguientes, fuerzas electrostáticas, enlaces químicos, fuerzas de Van der Waals.
29. La preforma de las cláusulas 27 o 28, que tiene una relación de volumen de fibras secas de carbono a cápsulas de catalizador de entre diez a uno y dos a uno, preferiblemente en la que la relación de volumen de las fibras secas de carbono a cápsulas de catalizador es cinco a uno.
30. La preforma de cualquiera de las cláusulas 27-29, en la que las cápsulas de catalizador son esféricas y las fibras secas de carbono son cilíndricas, preferiblemente en la que las cápsulas de catalizador tienen un diámetro que es un quinto del diámetro de las fibras secas de carbono.
31. La preforma de cualquiera de las cláusulas 27-29, en la que las cápsulas de catalizador son cilíndricas y las fibras secas de carbono son cilíndricas, preferiblemente en la que las cápsulas de catalizador tienen un diámetro de entre dos quintos y tres quintos del diámetro de las fibras secas de carbono.
32. La preforma de cualquiera de las cláusulas 27-31, que tiene múltiples cápsulas de catalizador unidas a cada fibra seca de carbono, a lo largo de una circunferencia de la fibra seca de carbono.
33. La preforma de cualquiera de las cláusulas 27-32, obtenible de acuerdo con el método de cualquiera de las cláusulas 1-26.
34. Un sistema que comprende fibras secas tales como las descritas en cualquiera de las cláusulas precedentes y un suministro de cápsulas de catalizador tales como las descritas en cualquiera de las cláusulas precedentes y un dispositivo que intercala las cápsulas de catalizador entre las fibras secas, en el que el dispositivo comprende preferiblemente uno o más de los siguientes:
- una máquina para impregnación de resina, que impregna las fibras con resina, una vez las cápsulas de catalizador han sido intercaladas entre las fibras,
 - un soplador que sopla cápsulas de catalizador a través de las fibras,
 - un peine que peina las cápsulas de catalizador a través de las fibras,
 - una barra de tensión que separa las fibras, a medida que las cápsulas de catalizador son ser cernidas a través de las fibras.
35. Una parte compuesta obtenible de acuerdo con el método de las cláusulas 25 o 26,
36. Una aeronave que comprende una parte compuesta de acuerdo con la cláusula 35.
37. Una cápsula para uso en la formación de una preforma para una parte compuesta, en la que la cápsula comprende una concha que encapsula un catalizador, concha que puede romperse bajo condiciones predeterminadas para liberar el catalizador, catalizador que cataliza la polimerización de monómeros de una resina curable.
38. Una fibra seca, preferiblemente una fibra seca de carbono, para uso en la formación de una preforma para una parte compuesta, fibra seca que es configurada para atraer monómeros de una resina polimerizable.
- Se ha notado que la atracción y/o unión de las cápsulas de catalizador a las fibras secas, de manera que aquellas permanecen atraídas por y/o unidas a las fibras secas, cuando las fibras secas son impregnadas con resina, aseguran que las cápsulas de catalizador no son por ejemplo retiradas por lavado o desplazadas de manera indeseable dentro del laminado, durante la impregnación con resina.
- El desplazamiento del catalizador durante la impregnación con resina puede conducir a concentraciones no homogéneas de catalizador dentro del laminado, antes del curado.
- La divulgación también habilita a la resina para que sea libre de catalizador, y así de manipulación más fácil y uso más eficiente.
- Además, la divulgación suministra una estructura compuesta curada mejorada con propiedades consistentes, dado que el catalizador permanece concentrado de manera uniforme dentro del laminado en el curado. Esto es especialmente deseable cuando se producen en masa tales estructuras compuestas.
- Se ha notado que pueden usarse fuerzas electrostáticas para atraer y/o unir las cápsulas de catalizador a las fibras secas, pero también que pueden usarse medios físicos para atraer y/o unir las cápsulas de catalizador.

Estos medios físicos o rasgos de superficie - también conocidos en la técnica como "encolados" - pueden incluir nanotubos, tales como nanotubos de carbón unidos a la superficie de las fibras secas. Los nanotubos de carbón pueden crecer sobre la superficie de las fibras.

5 Los medios físicos alternativos incluyen estructuras poliméricas unidas a la superficie de la fibra seca, que atrapan o confinan geoméricamente las cápsulas de catalizador. Un encolado puede ser por ejemplo una dispersión de las cápsulas de catalizador atrapadas dentro de una matriz polimérica unida a las fibras secas, antes de la impregnación con resina.

10 El documento EP 3000850 A1 divulga una resina de termocurado que contiene una pluralidad de nanopartículas de polímero, para mezcla con fibras de refuerzo, que liberan un catalizador o agentes de curado durante el proceso de curado de resina, para suministrar una parte compuesta. Este documento divulga que las nanopartículas de polímero pueden ser añadidas directamente a hebras de material compuesto, pero enseña que la resina de termocurado contiene siempre una pluralidad de las nanopartículas de polímero.

Descripción de los dibujos

15 Ahora se describió la presente divulgación, solamente a modo de ejemplo, y con referencia a los dibujos acompañantes. El mismo número de referencia representa el mismo elemento o el mismo tipo de elementos sobre todos los dibujos.

FIG. 1 es un diagrama de disposición de un laminado.

FIG. 2 es un diagrama que ilustra una viste en detalle de hebras individuales de un laminado.

FIGS. 3-4 son vistas de sección transversal de hebras.

20 FIGS. 5-6 son vistas en detalle de fibras de carbono a las cuales están adheridas cápsulas de catalizador.

FIG. 7 es un diagrama de flujo que ilustra un procedimiento para la fabricación de un laminado de fibra de carbono.

FIG. 8 es un diagrama que ilustra dispositivos que intercalan cápsulas de catalizador entre las fibras secas de carbono.

FIG. 9 es un diagrama de bloques que ilustra un sistema para la fabricación de un laminado de fibra de carbono.

25 FIG. 10 es un diagrama de bloques que ilustra una preforma que comprende fibra seca de carbono y cápsulas de catalizador intercaladas previamente.

FIG. 11 es un diagrama de flujo que ilustra un procedimiento para el uso de una preforma que comprende fibra seca de carbono y cápsulas de catalizador intercaladas previamente.

FIG. 12 es un diagrama de flujo de producción de aeronaves y metodología de servicio.

30 FIG. 13 es un diagrama de bloques de una aeronave.

Descripción

35 La FIG. 1 es un diagrama que ilustra la disposición de un laminado de acuerdo con la presente divulgación. Una máquina 100 AFP dispone laminado 152 de fibra de carbono, con objeto de disponer un laminado 150 para curarlo hasta una parte compuesta. La máquina 100 AFP es sujeta por el soporte 170, y comprende cualquier sistema o dispositivo capaz de disponer hebras 152 de cinta de fibra de carbono, para curar hasta una parte compuesta (por ejemplo, una parte CFRP). La máquina 100 AFP incluye ejecutor/cabeza 180 terminal, que dispensa hebras 152 durante el disposición (por ejemplo, concurrentemente). Las hebras 152 son dispuestas para formar laminado 150, que comprende una o más capas de material que será curado hasta una parte compuesta monolítica individual. En esta realización, laminado 150 comprende una sección de fuselaje para una aeronave, y es mantenida sitio
40 mediante el retenedor 160 rotacional.

A medida que la máquina 100 AFP opera para disponer las hebras 152 hasta laminado 150, la máquina 100 AFP puede moverse directamente hacia/desde el laminado 150 a lo largo del eje X 166, verticalmente hacia arriba/hacia abajo a lo largo del eje Y 164, y/o lateralmente a lo largo del eje Z 162. Como se usa aquí, cuando la máquina 100 AFP dispone múltiples hebras 152 concurrentemente durante un "barrido" individual de la cabeza 180, aquellas hebras 152 son denominadas colectivamente como una "trayectoria" individual. Un conjunto de trayectorias que no se traslapan, que son aplicadas consecutivamente, pueden ser denominadas como una capa. A medida que las capas son añadidas al laminado 150, la fortaleza de la parte compuesta resultante es mejorada de modo benéfico.

Con objeto de asegurar que las hebras 152 son dispuestas rápida y eficientemente, las operaciones de la máquina 100 AFP son controladas por un programa NC. En una realización, el programa NC suministra instrucciones sobre una base de trayectoria-por-trayectoria para alinear/reubicar la máquina 100 AFP, moviendo la cabeza 180, y disponiendo las hebras 152 en laminado 150. De esta manera, ejecutando las instrucciones en el programa NC, la máquina 100 AFP fabrica un laminado para curarlo hasta una parte compuesta. La máquina 100 AFP puede además calentar las hebras 152 hasta una temperatura de adhesión (por ejemplo, 87.8 °C (190° F)) con objeto de aumentar la adhesión de las hebras 152. Una vez las hebras 152 han sido dispuesta para formar el laminado, éste puede ser calentado hasta una temperatura de curado (por ejemplo, 143.3 °C (290° F)) con objeto de curar el laminado hasta una parte compuesta sólida.

Con contexto respecto a la disposición de laminados de fibra de carbono, suministrado arriba respecto a la FIG. 1, las figuras FIGS. 2-6 ilustran rasgos específicos de laminados de fibra de carbono. Por ejemplo, la FIG. 2 es un diagrama que ilustra una vista en detalle de las capas (212, 214, 216) de laminado 150 en una realización de ejemplo. Como se muestra en la FIG. 2, las hebras 152 son ordenadas en capas 212, 214, y 216. Las hebras 152 son sustancialmente paralelas en cada capa, y exhiben una orientación/dirección compartida de fibra. Por ejemplo, las hebras 152 en la capa 212 están orientadas a -45°, las hebras 152 en la capa 214 están orientadas a 0°, y las hebras en la capa 216 están orientadas a +45°.

Las FIGS. 3-4 son vistas de corte transversal de un laminado 150 en una realización de ejemplo. Específicamente, la FIG. 3 corresponde a las flechas 3 de vista de la FIG. 2. La FIG. 3 ilustra que cada capa (212, 214, 216) exhibe una orientación diferente de fibra. Así, incluso aunque las fibras 310 individuales tienen cada una el mismo diámetro en esta realización, las fibras 310 en las capas 212 y 214 parecen tener forma oval debido a su orientación respecto a la dirección del corte transversal. La FIG. 3 ilustra adicionalmente la resina 320 que ocupa volumen entre las fibras 310 individuales. La FIG. 4 es una vista en detalle de la capa 214 indicada por la región 4 de la FIG. 3. Esta ilustra que la hebra 152 de laminado 150 ha sido mejorada para incluir cápsulas 410 de catalizador, que está cada una enlazada/acoplada con una fibra correspondiente. Esto es, las cápsulas 410 de catalizador están intercaladas de manera uniforme entre las fibras 310 de carbono, en lugar de tener una elevada concentración a lo largo de los bordes de la hebra 152. La resina 320 forma una matriz 490 de resina.

Las FIGS. 5-6 son vistas en detalle de fibras 310 de carbono a las cuales, en una realización de ejemplo, están enlazadas y/o adheridas cápsulas 410 de catalizador. Las vistas ilustradas por las FIGS. 5 y 6 corresponden a la región 4 de la FIG. 4. La FIG. 5 ilustra una realización en la que las cápsulas 410 tienen forma esférica (por ejemplo, con un diámetro de 1 µm (un micrón) que es un quinto del de una fibra 310 de carbono) mientras la FIG. 6 ilustra una realización en la que las cápsulas 410 tienen forma cilíndrica (por ejemplo, tienen un diámetro/espesor entre dos quintos y tres quintos del de una correspondiente fibra 310 de carbono). En ambas realizaciones, la fibra 310 incluye una superficie 510 que puede incluir rasgos 512 de superficie (por ejemplo, un encolado/tratamiento químico que atrae monómeros de resina, una modificación de superficie que promueve la humectación de la fibra 310 por la resina, etc.). En realizaciones en las que el rasgo 512 de superficie comprende un encolado, puede ser deseable que la resina 320 reaccione químicamente con el encolado, antes de que el catalizador (por ejemplo, aminas primarias alifáticas, aminas secundarias alifáticas, aminas aromáticas o combinaciones de ellas) sea liberado por las cápsulas 410 de catalizador. De modo similar, en realizaciones en las que el rasgo 512 de superficie comprende una modificación de superficie, puede ser aun deseable que la resina humedezca el rasgo 512 de superficie antes de que el catalizador sea liberado por las cápsulas 410 de catalizador.

Las cápsulas 410 de catalizador incluyen cada una concha 520, que incluye la superficie 522. La superficie 522 de una cápsula 410 de catalizador puede adherirse a la superficie 510 de fibra 310 mediante, por ejemplo, electricidad estática, fuerzas de van der Waals, una reacción química, etc., entre el rasgo 512 de superficie y la superficie 522, o entre la superficie 510 y superficie 522. En una realización, la superficie 510 incluye nanotubos u otros rasgos que median la atracción de cápsulas 410 de catalizador a la fibra 310. El calentamiento de cápsulas 410 de catalizador hasta la temperatura de curado puede licuar la concha 520, liberando catalizador 524 y acelerando la polimerización. En una realización, la concha 520 comprende un segundo catalizador que funde por encima de la temperatura de curado, con objeto de liberar catalizador 524. En una realización adicional, la cápsula 410 incluye una bolsa de gas (no mostrada) que bajo presión rompe la concha 520.

Respecto a la FIG. 7, se discutirán detalles ilustrativos de la creación de hebras 152.

La FIG. 7 es un diagrama de flujo que ilustra un método 700 para fabricar un laminado (por ejemplo, una hebra de cinta de fibra de carbono pre-preg) en una realización de ejemplo. El método 700 trata el problema de partículas de catalizador en resina que penetra de manera inadecuada a través de las fibras secas ("filtración de la fibra"). Los pasos del método 700 son descritos respecto a las hebras 152 de la FIG. 1, pero aquellos expertos en la técnica notarán que el método 700 puede ser ejecutado en otras fibras de carbono y materiales curables. Los pasos de los diagramas de flujo descritos en esta memoria no son inclusivos, y pueden incluir otros pasos no mostrados. Los pasos descritos en esta memoria pueden ser ejecutados también en un orden alternativo.

De acuerdo con el método 700, se adquiere un lote de fibras 310 de carbono secas que están orientadas de modo paralelo (paso 702). Por ejemplo, las fibras 310 secas de carbono pueden comprender una cinta de fibra de carbono seca. El lote de fibras 310 es considerado "seco" en que el lote no ha sido impregnado con monómeros curables/termocurados de resina en espera de polimerización. En una realización, las fibras 310 pueden exhibir un diámetro de 5 μm (cinco micrones).

También se adquiere un lote de cápsulas 410 de catalizador (paso 704). Las cápsulas 410 de catalizador incluyen catalizador 524 que acelera la polimerización de monómeros de resina (que no han sido añadidos aún a las fibras 310 de carbono secas). Las cápsulas de catalizador 410 incluyen conchas 520 que rodean las moléculas de catalizador 524 para entrega y uso en curado. En este momento, las cápsulas de catalizador 410 están separadas de e independientes de otros componentes de resina, tales como monómeros de resina. El tamaño de las cápsulas 410 de catalizador puede ser elegido con objeto de asegurar una relación de volumen entre diez a uno y dos a uno (por ejemplo, cinco a uno) de fibras 310 de carbono a cápsulas 410. Por ejemplo, en realizaciones en las que las cápsulas 410 de catalizador son esféricas, pueden exhibir un diámetro de 1 μm (un micrón), y así cinco cápsulas de catalizador pueden unirse a una fibra 310 a lo largo de la circunferencia de la fibra 310, en cada ubicación a lo largo de la longitud de la fibra 310. En realizaciones en las que las cápsulas 410 de catalizador son formas cilíndricas elongadas/filamentos, pueden exhibir un diámetro de 2.2 μm (2.2 micrones) con objeto de ajustarse a tal relación deseada.

Las cápsulas 410 de catalizador son entonces intercaladas entre las fibras 310 (paso 706). Este proceso es ilustrado en la FIG. 8, y puede comprender, por ejemplo, la operación del soplador 810 para soplar cápsulas 410 a través de las fibras 310 (por ejemplo por deflexión de las fibras 310 mientras se soplan las cápsulas 410), operación del peine 820 (incluyendo los dientes 822) para peinar las cápsulas 410 a través de las fibras 310, uso de la barra 830 de tensión para separar las fibras 310 y entonces cernido de las cápsulas 410 a través de las fibras 310, etc. Independientemente de la técnica específica usada, a medida que las cápsulas 410 son intercaladas entre las fibras 310, se adhieren a las fibras 310 por las razones discutidas anteriormente. Esto indica que el acto de intercalar las cápsulas 410 de catalizador entre las fibras 310 forma un enlace que acopla las cápsulas 410 a las fibras 310 (paso 708). El proceso de intercalar asegura que las cápsulas 410 son distribuidas de manera uniforme entre las fibras 310. Además, las fibras 310 permanecen secas incluso después de que las cápsulas 410 son intercaladas, porque no se ha introducido resina (por ejemplo, resina de monómero, etc.) a las fibras 310. Durante el proceso de intercalar, es deseable mantener la linealidad de las fibras 310 individuales de carbono. Así, puede elegirse la cantidad de deflexión de las fibras 310 de carbono para asegurar la penetración de las cápsulas, mientras se evita que las fibras 310 individuales se arruguen o rompan.

En este punto de tiempo, pueden formarse enlaces para acoplar cápsulas 410 con fibras 310 vía electricidad estática, una reacción química entre la concha 520 y un rasgo 512 de superficie sobre las fibras, fuerzas de van der Waals, etc. En realizaciones donde se utiliza la electricidad estática, puede utilizarse un cañón 840 de electrones, u otro dispositivo para aplicar una carga a las cápsulas 410 y asegurar suficiente adherencia de las cápsulas 410 a las fibras 310. En realizaciones donde las cápsulas 410 están enlazadas químicamente a la superficie 510 de fibras 310 de carbono, las cápsulas 410 pueden ser aplicadas vía un baño químico (sin resina) a las fibras 310, en las que las cápsulas 410 están incluidas dentro de una suspensión química.

A continuación, las fibras 310 son impregnadas con resina 320, incluyendo monómeros de resina que esperan polimerización (paso 710). La impregnación del lote de fibras 310 con resina 320 puede comprender la aplicación de presión a la resina 320, extracción de un vacío próximo a las fibras 310, o cualquier otra técnica que cause que la resina 320 fluya entre las fibras 310. Este paso es ejecutado después de que las cápsulas 410 se han dispersado ya entre las fibras 310. Dado que las cápsulas 410 están ya intercaladas entre las fibras 310, la filtración de la fibra asegura que las cápsulas 410 no serán empujadas hacia afuera entre las fibras 310 durante el proceso de impregnación.

La resina 320 es libre de catalizador, lo cual significa que la resina 320 no incluye componentes químicos que aceleran la polimerización de monómeros dentro de la resina 320. Por ello, la resina 320 es menos viscosa que la resina catalizada, lo cual promueve la mejor humectación de fibras 310 comparada con la resina catalizada. Sin embargo, la resina 320 puede incluir todavía monómeros de resina y/o una fase de refuerzo (por ejemplo, una fase de red de interpenetración). Dado que la resina 320 ya no incluye componentes voluminosos tales como cápsulas 410, los componentes de resina 320 no están atrapados o son de otro modo filtrados por las fibras 310 durante la impregnación. Dentro del laminado resultante, las cápsulas 410 de catalizador ocupan entre diez y quince por ciento de un volumen combinado de resina 320, cápsulas 410 de catalizador, y fibras 310. La resina 320 ocupa entre treinta y treinta y cinco por ciento de un volumen combinado de resina 320, cápsulas 410 de catalizador, y fibras 310. Además, las fibras 310 ocupan entre cincuenta y sesenta por ciento de un volumen combinado de resina 320, cápsulas 410 de catalizador, y fibras 310. En una realización, el acto de impregnación de fibras 310 con resina sirve para desacoplar cápsulas 410 intercaladas de catalizador de las fibras 310 (paso 712). El proceso de impregnación puede formar una matriz 490 de resina que ocupa espacio entre las fibras.

Las cápsulas de catalizador pueden estar acopladas también a las fibras por vía de adherencia. Las cápsulas de catalizador pueden estar adheridas a las fibras, mediante un promotor de adhesividad, y la adhesión puede ser liberada cuando la cápsula se disuelve.

5 Una vez las fibras secas han sido impregnadas con resina, el producto resultante puede ser realizado como una cinta de fibra de carbono pre-preg. La cinta de fibra de carbono puede ser almacenada por un periodo de tiempo, y entonces puede ser dispuesta como una serie de hebras con objeto de formar una forma deseada para una parte compuesta. El paso 714 involucra la licuefacción de las conchas de cápsulas 410, y dependiendo de la realización, puede ser ejecutado antes de la adherencia y disposición, antes del curado o incluso durante el curado, a medida que la cinta se calienta.

10 Una máquina AFP puede calentar la cinta de fibra de carbono a una temperatura de adherencia (por ejemplo, 87.8 °C (190° F)) lo cual mejora el nivel de "adherencia" de la cinta, asegurando mejor adhesión de las hebras (paso 716). La temperatura de adherencia permite la adhesión conjunta de capas de cinta hasta un laminado, mientras permanece por debajo de una temperatura a la cual el catalizador es liberado de las cápsulas 410 de catalizador. A esta temperatura de adherencia, las cápsulas 410 de catalizador permanecen sólidas y no se han licuado aún. Una vez se ha completado la disposición, la parte no curada puede entonces ser movida hasta un autoclave para el curado. En el autoclave, la parte no curada, incluyendo las fibras impregnadas, pueden ser calentadas hasta una temperatura de curado (por ejemplo, 143.3 °C (290° F)) a la cual licúan las conchas 520 de cápsulas 410, liberando catalizador 524 (paso 718). Además, el catalizador 524 se mezcla con la resina 320 cuando es liberado, acelerando la polimerización y desencadenando el curado. La temperatura de curado es suficientemente alta, tal que el catalizador 524 no será liberado de manera no intencional durante la disposición. Así, la temperatura a la cual se libera el catalizador 524 es ajustada suficientemente alto para asegurar que el catalizador 524 no es liberado de manera no intencional antes del curado. La temperatura a la cual catalizador 524 es liberado puede ser, por ejemplo, la misma temperatura de curado, o estar por debajo de la temperatura de curado. En una realización, el catalizador 524 es liberado a una temperatura usada durante la infusión de resina, como parte del curado inicial. En cualquier caso, cuando las conchas 520 son expuestas a la temperatura de curado, las conchas 520 licuarán.

El método 700 suministra un beneficio sustancial asegurando que las cápsulas de catalizador están distribuidas de manera homogénea a través del laminado de fibra de carbono, antes del curado. Dado que las cápsulas son intercaladas mientras las fibras están secas, las fibras de carbono pueden ser flexionadas o de otro modo deflectadas fácilmente, habilitando a las cápsulas para penetrar profundamente en un lote de fibras, sin interferencia.

30 La FIG. 9 es un diagrama de bloques ilustrando una máquina 900 pre-preg para la fabricación de una hebra 910 de fibra de carbono pre-preg, en una realización de ejemplo. Específicamente la FIG. 9 ilustra que las fibras 920 de carbono, incluyendo la superficie 922 y rasgo 924 de superficie, es desarrollada desde bobinas 902. Las cápsulas 930 de catalizador, incluyendo concha 934, catalizador 933, y superficie 932, son intercaladas entre fibras 920 en la cámara 904 de intercalar, lo cual puede incluir cualquier combinación adecuada de soplador 950, peine 960, y barra 970 de tensión. Estas operaciones pueden dar como resultado enlaces estáticos, enlaces de van der Waals, o incluso enlaces químicos entre las cápsulas 930 y las fibras 920. La prensa 906 compacta juntas las fibras 920, y la máquina 990 de impregnación de resina es utilizada para impregnar fibras 920 con resina 940, dando como resultado la hebra 910. Dado que las cápsulas 930 están ya intercaladas entre las fibras 920, el acto de impregnación de fibras 920 con resina 940, mezcla también resina 940 entre cápsulas 930.

40 La FIG. 10 es un diagrama 1000 de bloques que ilustra una preforma 1010 que comprende fibras 1050 secas de carbono y cápsulas 1060 de catalizador intercaladas, en una realización de ejemplo. De acuerdo con la FIG. 10, la preforma 1010 incluye fibras 1050 de carbono, que incluyen cada una superficie 1052, así como rasgos 1054 de superficie. Las cápsulas 1060 de catalizador están intercaladas entre las fibras secas de carbono 1050, e incluyen superficie 1066, conchas 1064, y catalizador 1062. La preforma 1010 puede estar ya comprimida/moldeada hasta una geometría deseada para el curado, o puede estar esperando la compresión hasta una geometría deseada mediante mandril 1022 u otra herramienta adecuada. En esta realización, la preforma 1010 es colocada entre la bolsa 1024 de vacío y el mandril 1022 y calentada hasta la primera temperatura 1090 objetivo. La bolsa 1024 de vacío es sellada al mandril 1022, asegurando que puede sustraerse un vacío, comprimiendo la preforma 1010 en el mandril 1022. El vacío es retirado mediante bomba 1026 de vacío, lo cual suministra un beneficio adicional al retirar resina 1042 (por ejemplo, una resina libre de catalizador) del reservorio 1040 hasta la preforma 1010, impregnando la preforma 1010. Una vez la preforma 1010 ha sido impregnada con resina, la preforma 1010 es colocada en el autoclave 1030 a la segunda temperatura 1092 objetivo. En el autoclave 1030, la aplicación de calor (por ejemplo, del calentador 1032) y/o presión sirven para licuar las cápsulas 1060 de catalizador, mezclar el catalizador 1062 con resina 1042 y dando como resultado la polimerización acelerada y la creación de una parte compuesta.

55 La FIG. 11 es un diagrama de flujo que ilustra un método 1100 para utilizar una preforma que comprende fibra seca de carbono y cápsulas de catalizador intercaladas previamente, en una realización de ejemplo.

De acuerdo con el método 1100, se adquiere (paso 1102) un lote de material seco de carbono que comprende fibras 1050 que están orientadas de modo paralelo.

También se adquiere (paso 1104) un lote de cápsulas 410 de catalizador. Las cápsulas 1060 de catalizador son entonces intercaladas entre las fibras 310 (paso 1106). Este proceso es ilustrado en la FIG. 8, y puede comprender, por ejemplo, la operación del soplador 810 para soplar cápsulas 1060 a través de las fibras 1050 (por ejemplo deflectando las fibras 1050 mientras se soplan las cápsulas 1060), operar el peine 820 (incluyendo los dientes 822) para peinar cápsulas 1060 a través de las fibras 1050, usando la barra 830 de tensión para separar fibras 1050 y cerniendo entonces cápsulas 1060 a través de las fibras 1050, etc. Independientemente de la técnica específica usada, a medida que las cápsulas 1060 son intercaladas entre las fibras 1050, se adhieren a las fibras 1050 por las razones discutidas anteriormente. Esto significa que el acto de intercalar cápsulas 1060 de catalizador entre las fibras 1050 forma un enlace que acopla cápsulas 1060 a fibras 1050 (paso 1108).

Como se ilustra adicionalmente en la FIG. 11, la preforma 1010 es formada conjuntamente y adherida a una temperatura de adherencia (por ejemplo, 87.8 °C (190 ° F)) (paso 1110). Puede añadirse opcionalmente un promotor de adhesividad a las fibras secas para la adherencia en esta etapa (por ejemplo, dependiendo de la complejidad de la forma). El promotor de adhesividad puede comprender un material termoplástico añadido a las fibras, tal como vía atomización sobre las fibras. La formación de la preforma 1010 puede comprender además la compresión o mantenimiento de la preforma 1010 en una forma deseada (por ejemplo, vía compresión con una cámara al vacío o un rodillo). La temperatura de adherencia está por debajo de una temperatura de curado a la cual las conchas de las cápsulas 1060 se han licuado/disuelto. Esta consolidación puede ocurrir incluso posteriormente, cuando la preforma 1010 es colocada bajo compresión desde una bolsa de vacío y/o autoclave, mientras se aplica calor.

Una vez se ha colocado la preforma 1010 en una ubicación deseada para la impregnación (por ejemplo, dentro de una bolsa al vacío), es impregnada con resina 1042 (paso 1112). La impregnación de la preforma 1010 con resina 1042 puede romper los enlaces entre las cápsulas 1060 de catalizador y las fibras 1050 secas de carbono (por ejemplo, superando las fuerzas de enlace resultantes de las fuerzas estáticas, fuerzas de van der Waals, una reacción química entre cápsulas 1060 de catalizador y rasgos 1054 de superficies sobre las fibras de carbono 1050, etc.), desacoplando de este modo las fibras 1050 de las cápsulas 1060 (paso 1114). Esto puede mezclar cápsulas 1060 de catalizador dentro de la resina 1042, y adicionalmente puede habilitar la resina 1042 para que humecte las fibras secas de carbono 1050 en ubicaciones ocupadas previamente por cápsulas 1060 de catalizador.

La preforma 1010 impregnada puede ser calentada además hasta que licúan las conchas de cápsulas 1060 de catalizador (paso 1116) y se alcanza una temperatura de curado (por ejemplo, 143.3 °C (290° F)) (paso 1118). La preforma 1010 puede ser comprimida adicionalmente en autoclave 1030 para facilitar su curado. Esto es, el calor activa las cápsulas 1060 de catalizador licuando las conchas 1064, mezclando catalizador 1062 con resina 1042 y acelerando la polimerización de resina 1042.

Ejemplos

En los siguientes ejemplos, se describen procesos, sistemas y métodos adicionales, en el contexto de la fabricación de laminado de fibra de carbono.

Haciendo referencia de modo más particular a los dibujos, las realizaciones de la divulgación pueden ser descritas en el contexto de un método 1200 de fabricación y servicio de una aeronave como se muestra en la FIG. 12 y una aeronave 1202 como se muestra en la FIG. 13. Durante la preproducción, el método 1200 de ejemplo puede incluir la especificación y diseño 1204 de la aeronave 1202 y adquisición 1206 del material. Durante la producción, tiene lugar la fabricación 1208 de componentes y subensamble e integración 1210 del sistema de la aeronave 1202. Posteriormente, la aeronave 1202 puede pasar a certificación y entrega 1212, con objeto de ser colocada en servicio 1214. Mientras está en servicio por un cliente, la aeronave 1202 es programada para mantenimiento y servicio 1216 de rutina (que puede incluir también modificación, reconfiguración, renovación, y así sucesivamente). Los aparatos y métodos involucrados allí pueden ser empleados durante una cualquiera o más etapas adecuadas del método 1200 de producción y servicio (por ejemplo, especificación y diseño 1204, adquisición 1206 del material, fabricación 1208 de componente y subensamble, integración 1210 del sistema, certificación y entrega 1212, servicio 1214, mantenimiento y servicio 1216) y/o cualquier componente adecuado de la aeronave 1202 (por ejemplo, almacén 1218, sistemas 1220, interior 1222, propulsión 1224, eléctrico 1226, hidráulico 1228, ambiental 1230).

Cada uno de los procesos del método 1200 puede ser ejecutado o llevado a cabo mediante un integrador de sistema, una tercera parte y/o un operador (por ejemplo, un cliente). Para los propósitos de esta descripción, un integrador de sistema puede incluir, sin limitación, cualquier número de fabricantes de aeronaves y subcontratistas de sistemas mayores; una tercera parte puede incluir, sin limitación, cualquier número de vendedores, subcontratistas y proveedores; y un operador puede ser una aerolínea, compañía de arrendamiento, entidad militar, organización de servicio, y así sucesivamente.

Como se muestra en la FIG. 13, la aeronave 1202 producida mediante el método 1200 de ejemplo puede incluir un armazón 1218 con una pluralidad de sistemas 1220 y un interior 1222. Los ejemplos de sistemas 1220 de alto nivel incluyen uno o más de un sistema 1224 de propulsión, un sistema 1226 eléctrico, un sistema 1228 hidráulico y un sistema 1230 ambiental. Puede incluirse cualquier número de otros sistemas. Aunque se muestra un ejemplo aeroespacial, los principios de la divulgación pueden ser aplicados a otras industrias, tales como la industria automotriz.

Como ya se mencionó anteriormente, los aparatos y métodos involucrados en esta memoria pueden ser empleados durante una cualquiera o más de las etapas 1200 de producción y servicio. Por ejemplo, los componentes o subensambles que corresponden a la etapa 1208 de producción pueden ser fabricados o manufacturados de manera similar a los componentes o subensambles producidos mientras la aeronave 1202 está en servicio. También, puede utilizarse una o más realizaciones de aparatos, realizaciones de método o una combinación de ellos, durante las etapas 1208 y 1210 de producción, por ejemplo, acelerando de manera sustancial el ensamble de o la reducción de los costes de una aeronave 1202. De modo similar, una o más de realizaciones de aparatos, realizaciones de método o una combinación de ellos, puede ser utilizada mientras la aeronave 1202 está en servicio, por ejemplo y sin limitación, en mantenimiento y servicio 1216. Por ejemplo, las técnicas y sistemas descritos en esta memoria pueden ser usados para los pasos 1206, 1208, 1210, 1214, y/o 1216, y/o pueden ser usados para el armazón 1218 y/o interior 1222. Estas técnicas y sistemas pueden incluso ser utilizados para sistemas 1220, incluyendo por ejemplo propulsión 1224, eléctrico 1226, hidráulico 1228, y/o ambiental 1230.

En una realización, las hebras 152 comprenden una porción de armazón 1218, y son dispuestas y curadas hasta dar una parte compuesta durante la manufactura 1208 de componente y subensamble. La parte compuesta puede entonces ser ensamblada en una aeronave en la integración 1210 de sistema, y ser entonces utilizada en servicio 1214 hasta que el desgaste hace inútil a la parte. Entonces, en mantenimiento y servicio 1216, la parte puede ser descartada y reemplazada con una parte recientemente manufacturada. Las hebras 152 pueden ser utilizadas a través de la manufactura 1208 de componente y subensamble, con objeto de manufacturar nuevas partes compuestas.

Cualquiera de los diferentes elementos de control (por ejemplo, componentes eléctricos o electrónicos) mostrados en las figuras o descritos en esta memoria pueden ser implementados como hardware, un software de implementación de procesador, un microprograma de implementación de procesador, o alguna combinación de estos. Por ejemplo, un elemento puede ser implementado como hardware dedicado. Los elementos de hardware dedicado pueden ser denominados como "procesadores", "controladores", o alguna terminología similar. Cuando son suministradas por un procesador, las funciones pueden ser suministradas por un procesador individual dedicado, por un procesador individual compartido, o por una pluralidad de procesadores individuales, algunos de los cuales pueden ser compartidos. Además, el uso explícito del término "procesador" o "controlador" no debería ser interpretado como referido exclusivamente al hardware capaz de ejecutar software, y puede incluir de manera implícita, sin limitación, hardware procesador de señal digital (DSP), un procesador de red, circuito integrado de aplicación específica (ASIC) u otros circuitos, arreglo de puerto de campo programable (FPGA), memoria sólo para lectura (ROM) para almacenar software, memoria de acceso aleatorio (RAM), almacenamiento no volátil, sistema lógico, o algún otro componente o módulo de hardware físico.

También, puede implementarse un elemento de control, como ejecutable de instrucciones por un procesador o un computador, para ejecutar las funciones del elemento. Algunos ejemplos de instrucciones son software, código de programa, y microprogramas. Las instrucciones son operacionales cuando son ejecutadas por el procesador para dirigir al procesador para ejecutar las funciones del elemento. Las instrucciones pueden ser almacenadas en dispositivos de almacenamiento que pueden ser leídas por el procesador. Algunos ejemplos de los dispositivos de almacenamiento son memorias digitales o de estado sólido, medios de almacenamiento magnético tales como discos magnéticos y cintas magnéticas, discos duros, o medios de almacenamiento de datos digitales que pueden ser leídos de manera óptica.

REIVINDICACIONES

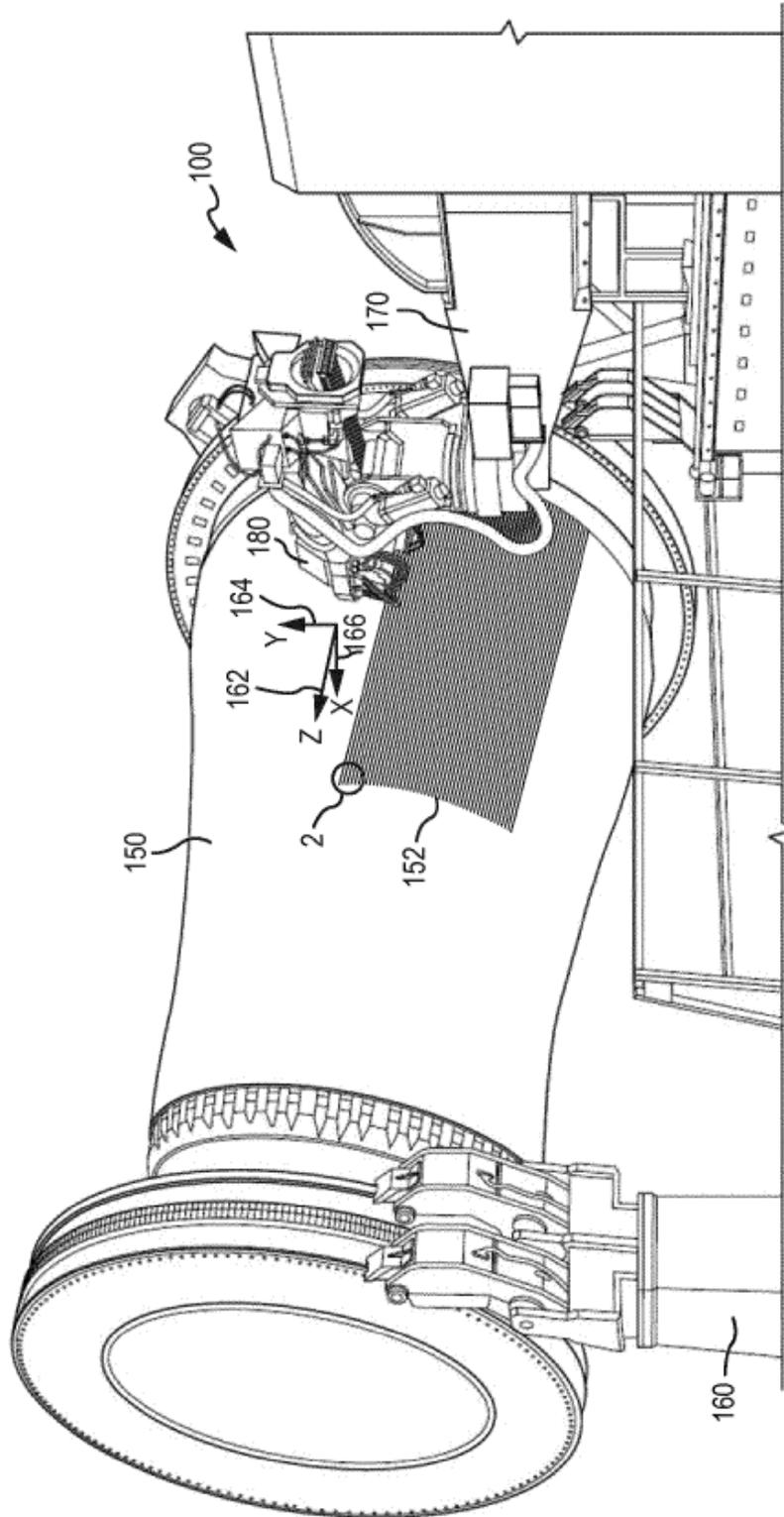
1. Un método para obtener una preforma para una parte compuesta, en el que el método comprende los pasos de:
- obtención de un lote de fibras (310) secas;
- 5 obtención de un lote de cápsulas (410) de catalizador, en el que cada cápsula comprende un catalizador y una concha (520) que encapsula el catalizador (524), concha (520) que puede ser rota bajo condiciones predeterminadas para liberar de esa forma el catalizador (524) encapsulado;
- obtención de una resina (320) para impregnar el lote de fibras (310) secas, en la que el catalizador (524) acelera la polimerización de monómeros en la resina (320);
- intercalar las cápsulas (410) de catalizador entre las fibras (310) secas;
- 10 atracción y/o unión de las cápsulas (410) de catalizador a una o más de las fibras (310) secas;
- en el que la resina (320) para impregnar el lote de fibras (310) secas es una resina libre de catalizador,
- que comprende además paso de impregnación de las fibras (310) secas con la resina (320) después de intercalar las cápsulas (410) de catalizador entre las fibras (310) secas, y atracción y/o unión de las cápsulas (410) intercaladas de catalizador a las fibras (310) secas, con lo cual al obtenerse las condiciones predeterminadas, las conchas (520) se rompen para liberar el catalizador (524) para catalizar de ese modo la polimerización de monómeros de la resina.
- 15
2. Método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que las cápsulas (410) de catalizador son atraídas y/o unidas a las fibras (310), suministrando a las fibras (310) una carga electrostática.
3. Método de acuerdo con la reivindicación 2, en el que las fibras son dotadas con una carga electrostática mediante uno o más de los siguientes:
- 20
- vía electricidad estática, por ejemplo aplicando una carga eléctrica a las cápsulas, preferiblemente mediante un cañón de electrones;
- vía una reacción química, por ejemplo mediante aplicación de las cápsulas vía un baño químico ácido/básico a las fibras, o en el que las cápsulas están incluidas en una suspensión química aplicada a las fibras;
- 25
- vía fuerzas de Van der Waals.
4. Método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que una o más de las fibras (310) atraen y/o se unen a las cápsulas (410) de catalizador durante el intercalado, y/o atraen y/o se unen a los monómeros de resina durante la impregnación, mediante un rasgo (512) de superficie o encolado ubicado en la superficie de una o más de las fibras (310).
- 30
5. Método de acuerdo con la reivindicación 4, en el que el rasgo (512) de superficie incluye uno o más nanotubos de carbón y/o una o más estructuras poliméricas.
6. Método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el intercalar las cápsulas (410) de catalizador entre las fibras (310) comprende uno o más de los siguientes:
- 35
- soplado de las cápsulas (410) de catalizador a través de las fibras (310) secas; peinado de las cápsulas (410) de catalizador a través de las fibras (310) secas;
- separación de las fibras (310) con una barra de tensión, y cernido de las cápsulas (410) de catalizador a través de las fibras (310).
7. Método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, que comprende además el paso de ruptura de la concha de cápsulas (520) mediante uno o más de los siguientes:
- 40
- calentamiento de las cápsulas (410) de catalizador hasta la condición predeterminada de temperatura para licuar la concha (520) y liberar el catalizador (524) de las cápsulas (410), para mezclar con la resina (320) y acelerar de este modo la polimerización de los monómeros de resina, temperatura que es preferiblemente la temperatura de curado de la resina (320);
- 45
- sujeción de la concha (520), la cual comprende adicionalmente una bolsa de gas dentro de la concha (520), a una presión predeterminada bajo la cual se rompe la concha (520) para liberar el catalizador (524) de polimerización de monómero de resina;

calentamiento de las cápsulas (410) de catalizador a la temperatura predeterminada, con lo cual funde un segundo catalizador contenido en la concha (520), con objeto de liberar el catalizador (524) de polimerización de resina.

8. Método de acuerdo con la reivindicación 7, que comprende además el curado para suministrar una parte compuesta.

5 9. Método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que las fibras (310) secas son fibras secas de carbono.

FIG. 1



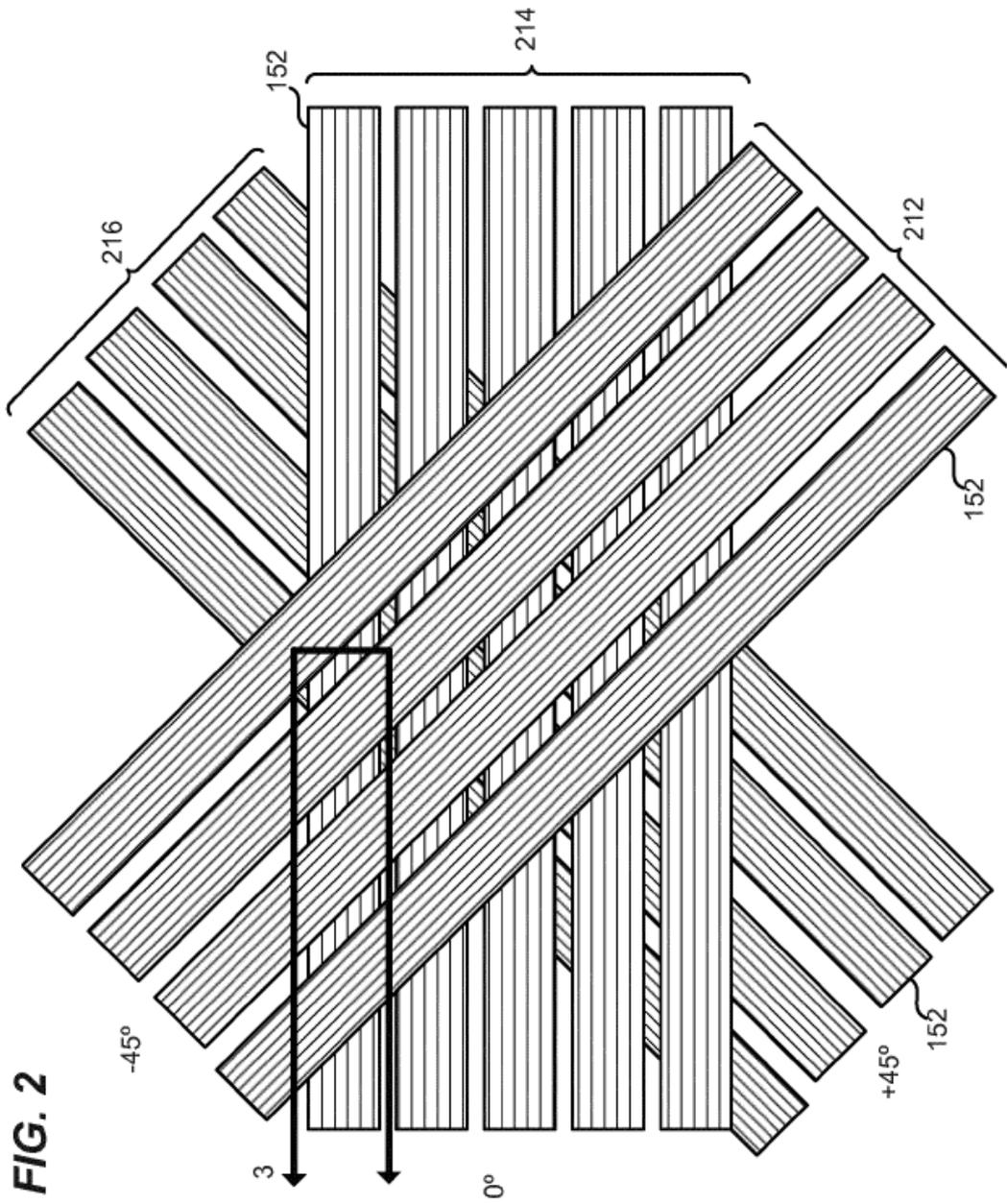


FIG. 3

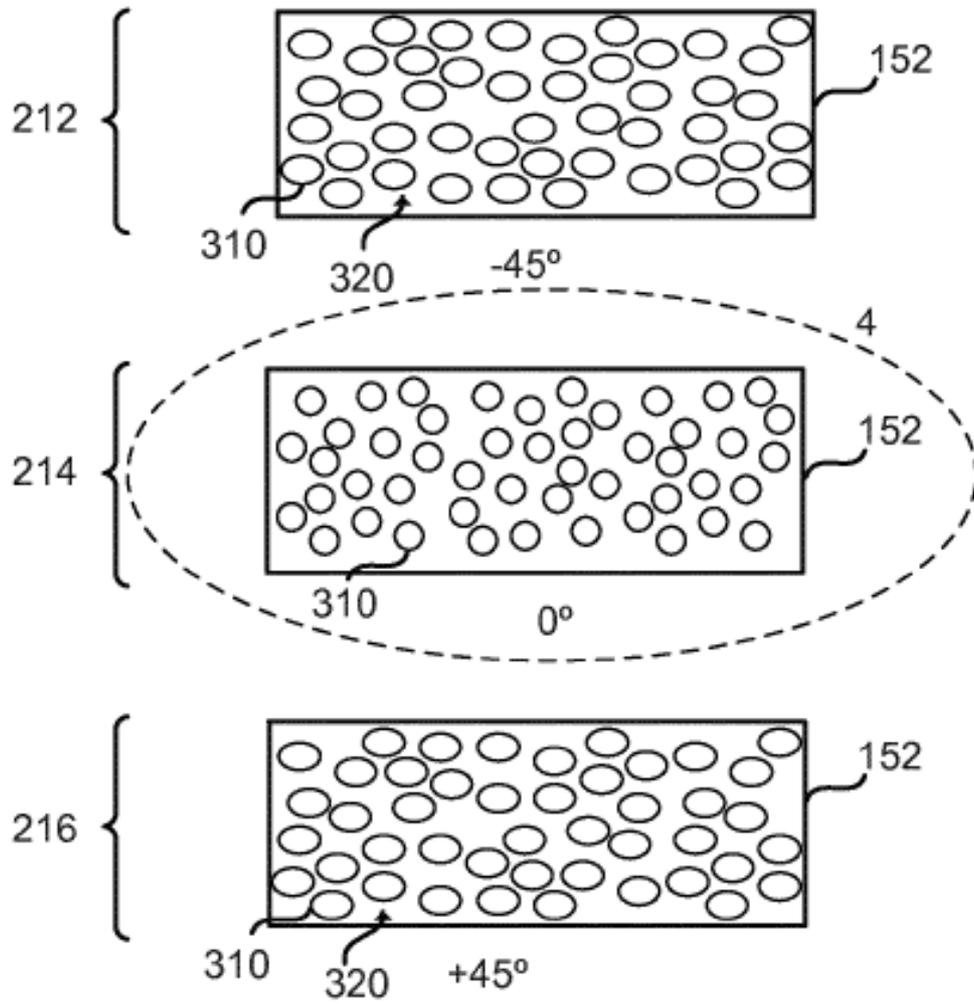


FIG. 4

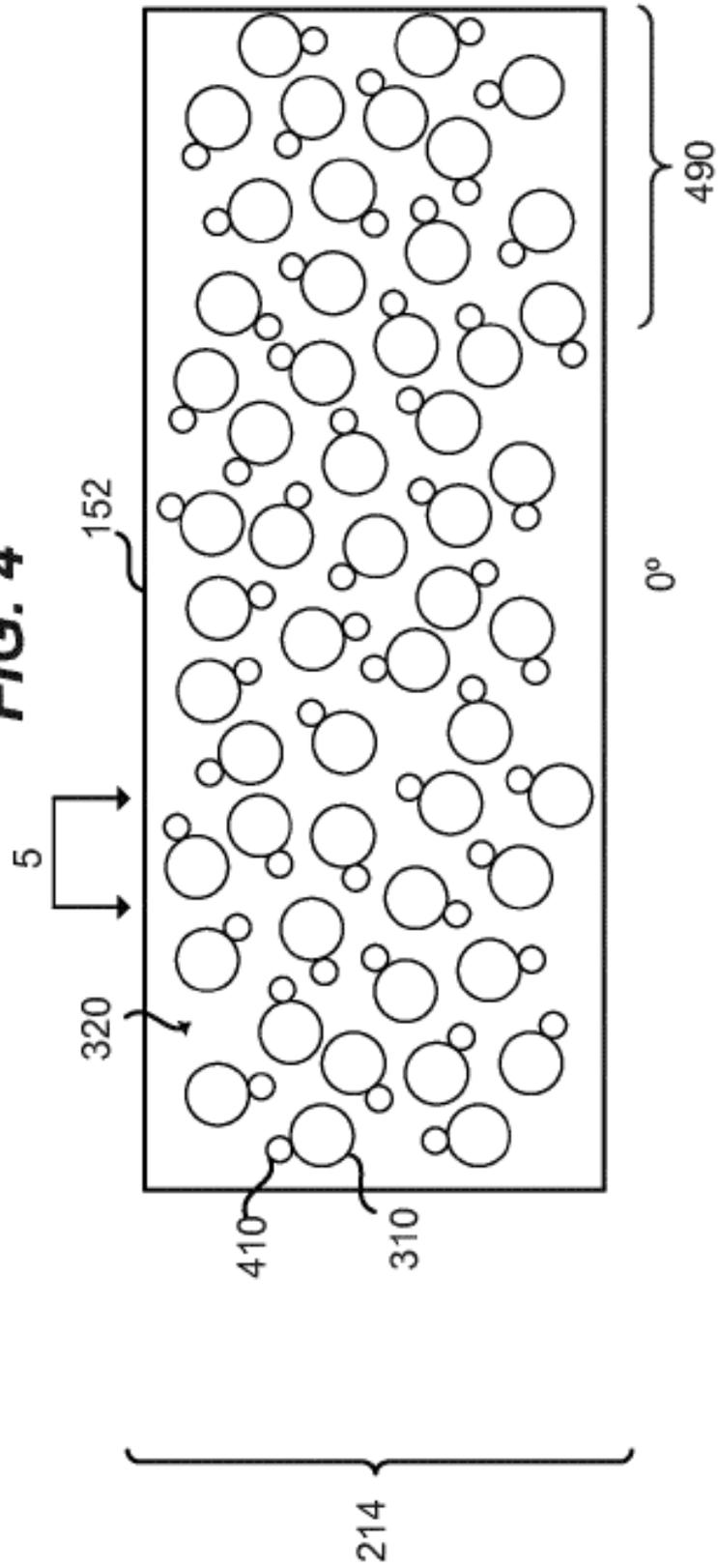


FIG. 5

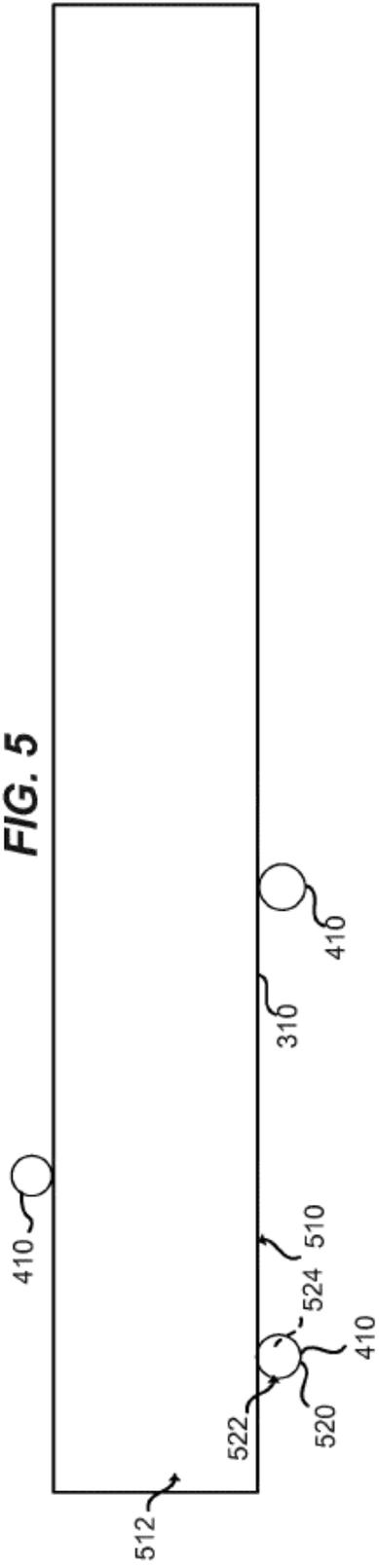
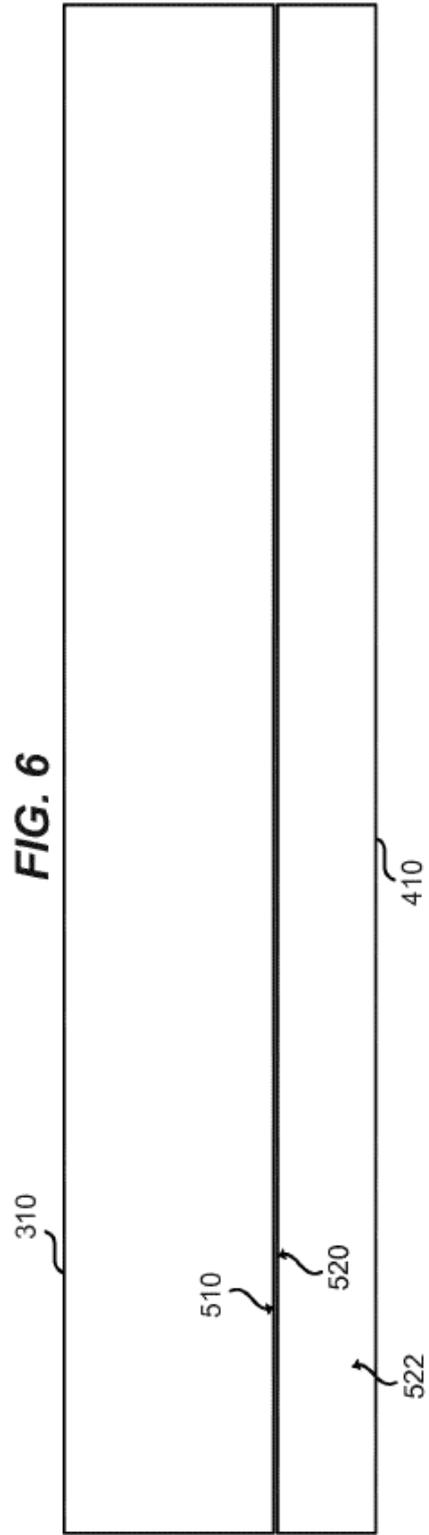


FIG. 6



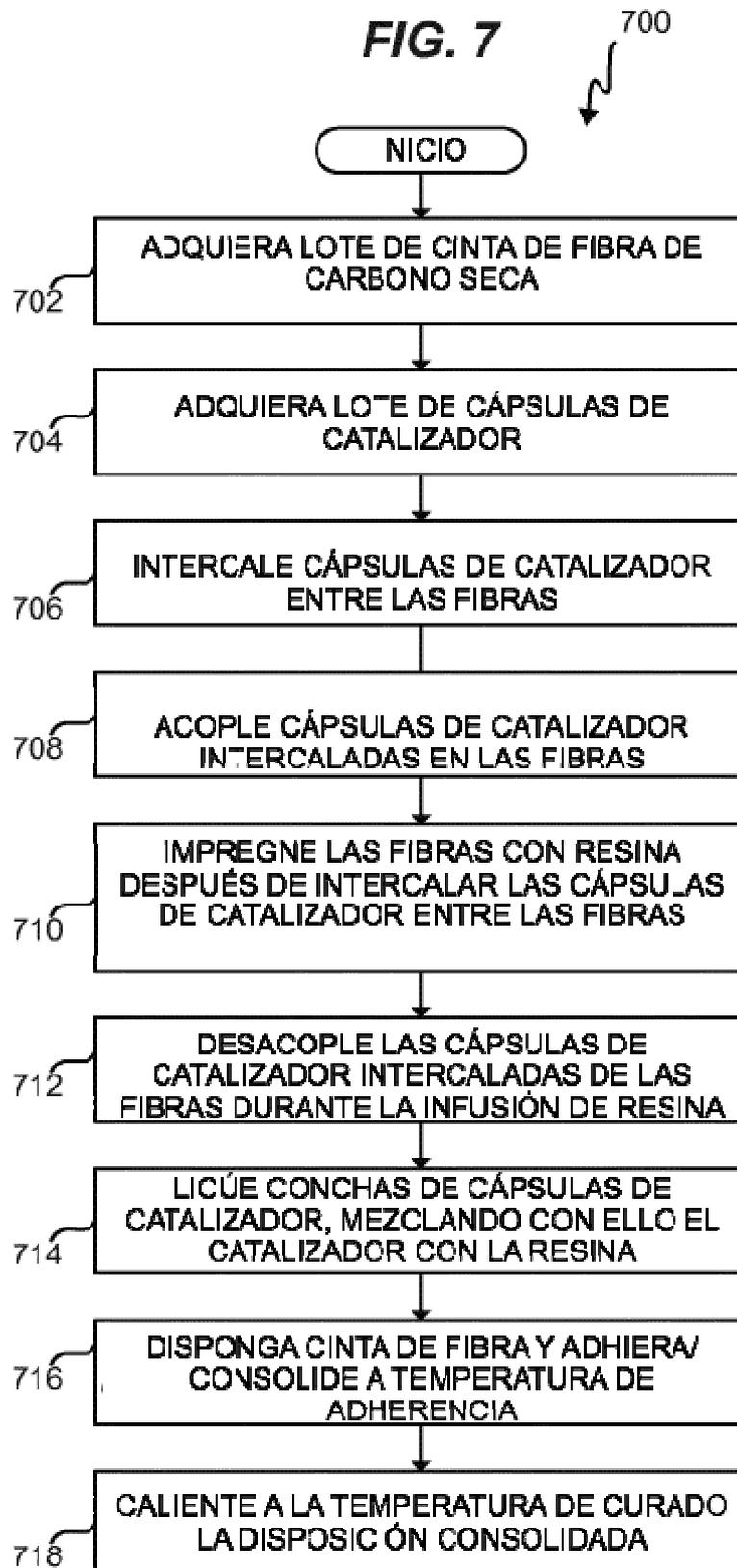


FIG. 8

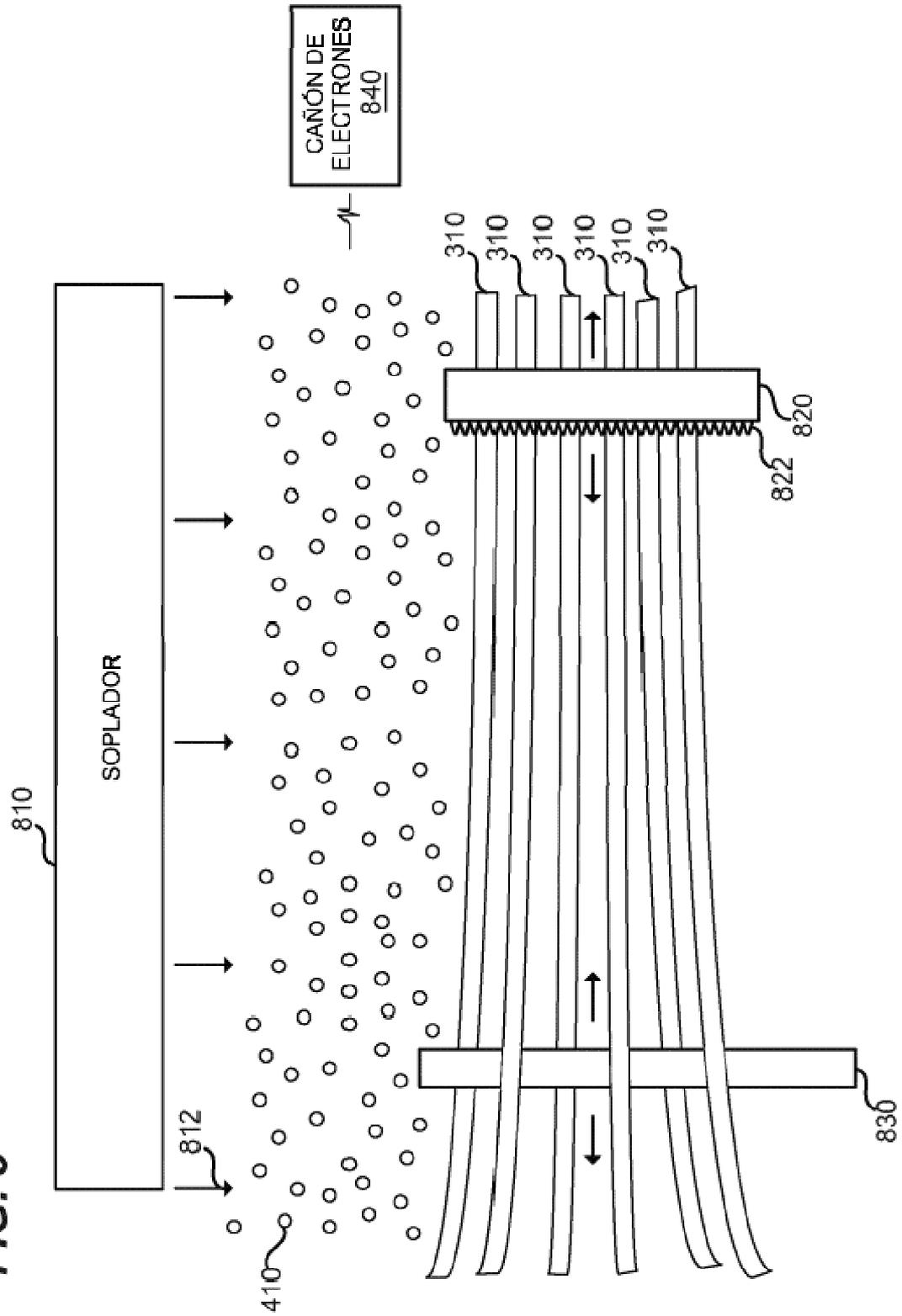


FIG. 9

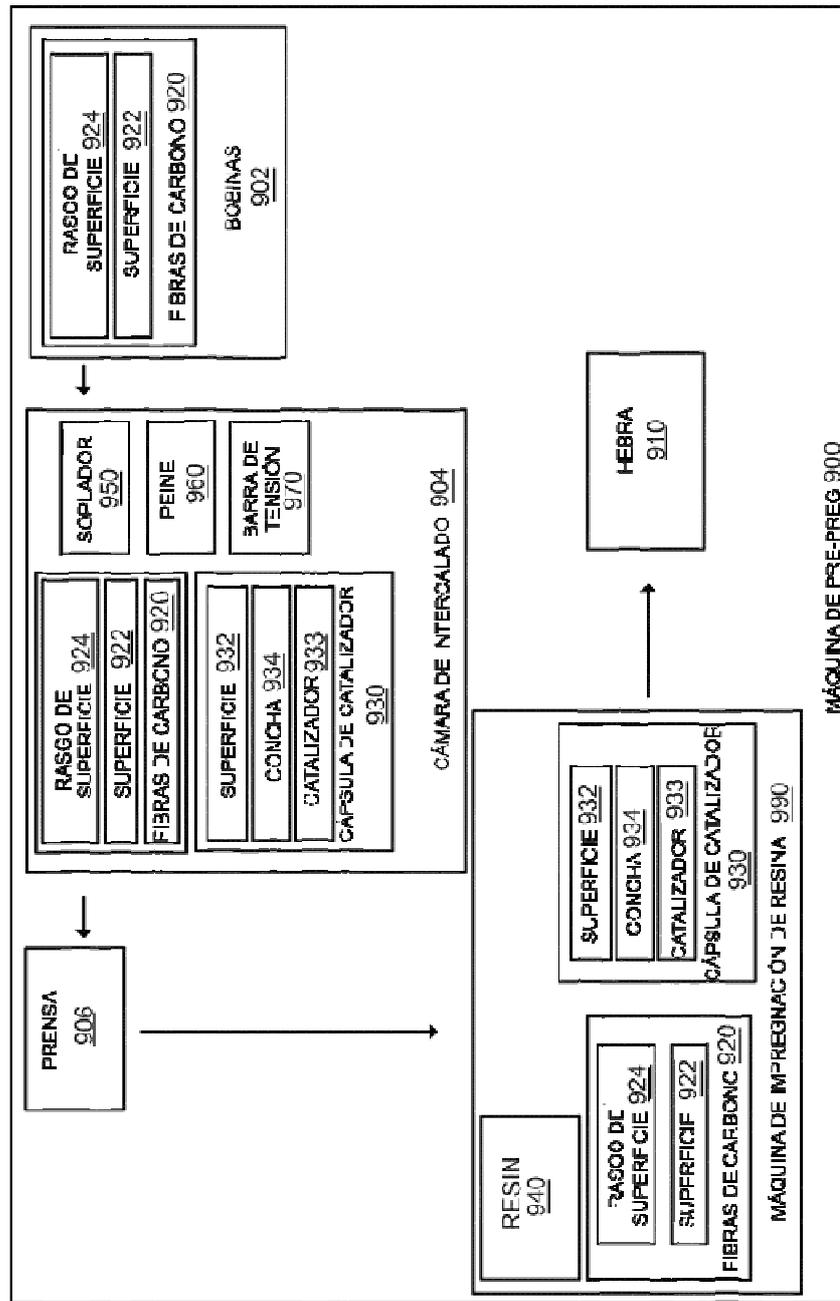


FIG. 10

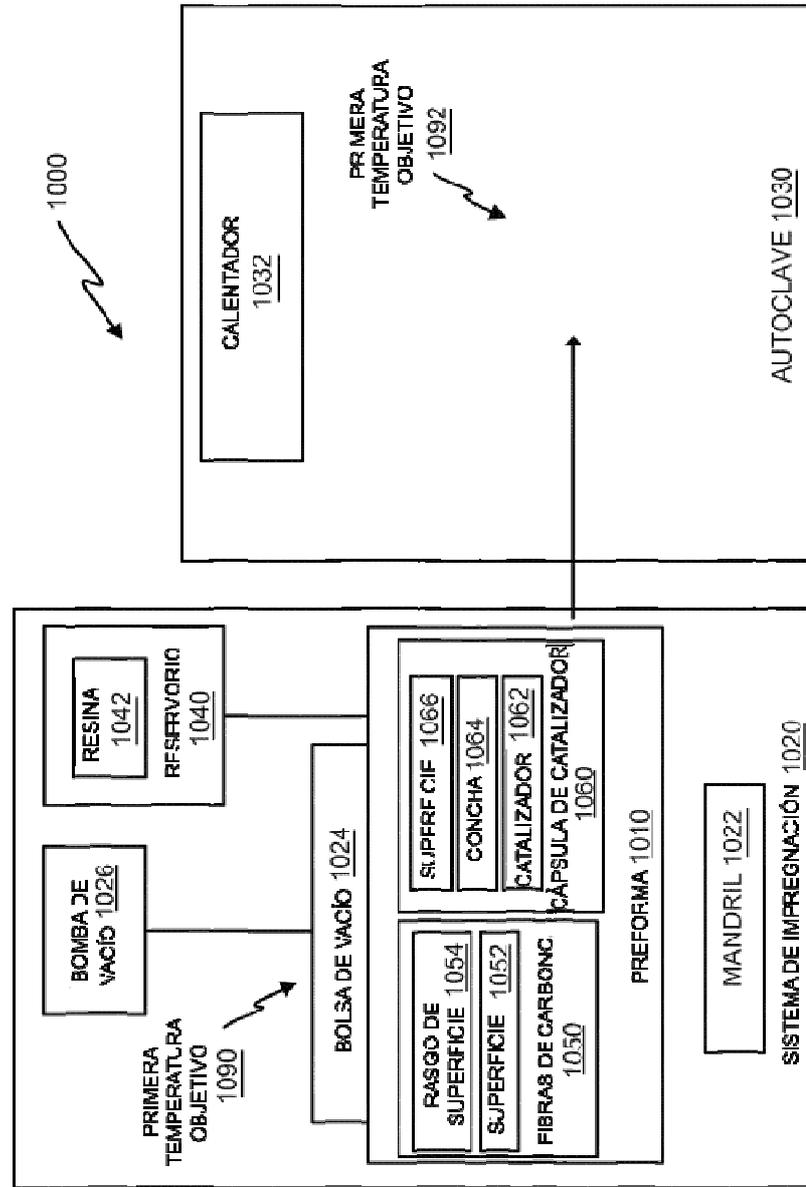
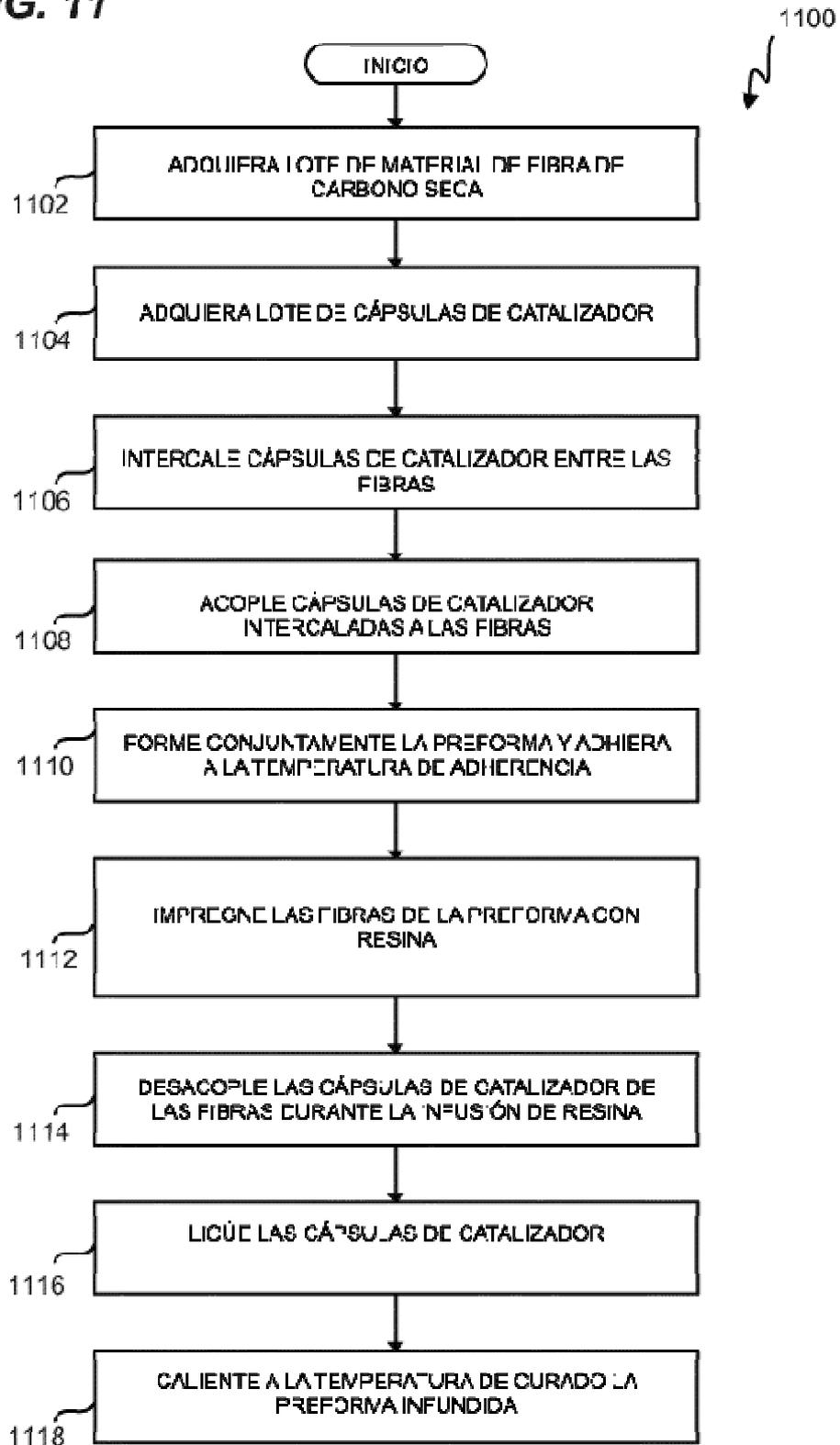


FIG. 11



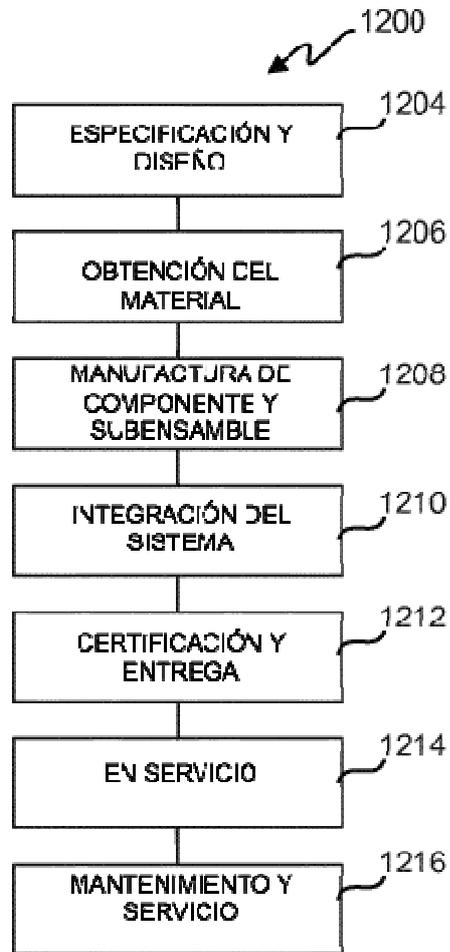


FIG. 12

FIG. 13

