

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 978 767**

51 Int. Cl.:

B29C 70/48 (2006.01)

F03D 1/06 (2006.01)

B29C 70/54 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **11.12.2018** **PCT/US2018/064854**

87 Fecha y número de publicación internacional: **18.06.2020** **WO20122870**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **11.12.2018** **E 18829671 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **24.01.2024** **EP 3894195**

54 Título: **Procedimiento para fabricar un componente estructural de un segmento de pala para una pala de rotor de una turbina eólica**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
19.09.2024

73 Titular/es:

**GENERAL ELECTRIC RENOVABLES ESPAÑA,
S.L. (100.0%)
Calle Roc Boronat 78
08005 Barcelona, ES**

72 Inventor/es:

**HUTH, SCOTT, JACOB;
RODWELL, ANDREW, MITCHELL;
CHEN, XU;
RONDEAU, LOUIS y
SHILLIG, SCOTT, IVERSON**

74 Agente/Representante:

DE ROOIJ, Mathieu Julien

ES 2 978 767 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

Procedimiento para fabricar un componente estructural de un segmento de pala para una pala de rotor de una turbina eólica

Campo

[0001] La presente divulgación se refiere en general a turbinas eólicas, y más en particular a un procedimiento para fabricar un componente estructural, tal como una estructura de viga o una sección receptora, de un segmento de pala para una pala de rotor segmentada de una turbina eólica.

Antecedentes

[0002] La energía eólica se considera una de las fuentes de energía más limpias y más respetuosas con el medio ambiente disponibles en la actualidad, y las turbinas eólicas han obtenido una creciente atención a este respecto. Una turbina eólica moderna incluye típicamente una torre, un generador, una multiplicadora, una góndola y un rotor que tiene un buje rotatorio con una o más palas de rotor. Las palas de rotor captan energía cinética del viento usando principios de perfil alar conocidos. Las palas de rotor transmiten la energía cinética en forma de energía de rotación para girar un eje que acopla las palas de rotor a una multiplicadora o, si no se usa una multiplicadora, directamente al generador. A continuación, el generador convierte la energía mecánica en energía eléctrica que se puede distribuir en una red de suministro.

[0003] Las palas del rotor en general incluyen una concha de lado de succión y una concha de lado de presión formadas típicamente usando procedimientos de moldeo que se unen conjuntamente en líneas de unión a lo largo de los bordes de ataque y salida de la pala. Además, las conchas de lado de presión y succión son relativamente ligeras y tienen propiedades estructurales (por ejemplo, rigidez, resistencia al pandeo y fuerza) que no se configuran para soportar los momentos de flexión y otras cargas ejercidas sobre la pala de rotor durante la operación. Por tanto, para incrementar la rigidez, resistencia al pandeo y fuerza de la pala del rotor, la concha de cuerpo se refuerza típicamente usando uno o más componentes estructurales (por ejemplo, tapas de larguero opuestas con un alma configurada entre ellas) que se acoplan con las superficies laterales de presión y succión interiores de las mitades de concha. Las tapas de larguero y/o el alma se pueden construir con diversos materiales, incluyendo pero sin limitarse a, compuestos laminados de fibra de vidrio y/o compuestos laminados de fibra de carbono.

[0004] Además, a medida que las turbinas eólicas continúan incrementando su tamaño, las palas de rotor también continúan incrementando su tamaño. Como tal, las palas de rotor modernas se pueden construir en segmentos que se unen conjuntamente en una o más juntas. En consecuencia, determinadas palas de rotor articuladas ("jointed") incluyen un primer segmento de pala que tiene una estructura de viga que se recibe dentro de una sección receptora de un segundo segmento de pala que se asegura además conjuntamente por medio de uno o más pasadores que se extienden en sentido de la envergadura y en sentido de la cuerda que transfieren el momento de flexión de pala de un segmento al otro. Además, las reacciones de los pasadores se transfieren a diversos bloques de soporte en las localizaciones de junta por medio de uno o más casquillos.

[0005] La mecanización de los componentes estructurales grandes de los segmentos de pala puede ser compleja. Por ejemplo, en determinados casos, puede ser necesario realizar un proceso de fijación complejo para asegurar la estructura de viga y/o la sección receptora en su lugar para localizar consistentemente los orificios de pasador en la parte. Además, típicamente se requiere una máquina perforadora personalizada y costosa para garantizar que la parte se pueda perforar en una sola disposición sin tener que mover la parte durante el proceso de perforación. Además, si hay un problema de calidad en el proceso de perforación, todo el componente estructural puede ser defectuoso e inutilizable.

[0006] En consecuencia, la presente divulgación se refiere a procedimientos para fabricar un componente estructural de un segmento de pala para una pala de rotor segmentada de una turbina eólica que aborda los problemas mencionados anteriormente.

Breve descripción

[0007] Los aspectos y ventajas de la invención se expondrán en parte en la siguiente descripción, o pueden ser obvios a partir de la descripción, o se pueden aprender a través de la práctica de la invención.

[0008] En un aspecto, la presente divulgación se refiere a un procedimiento para fabricar un componente estructural de un segmento de pala para una pala de rotor segmentada de una turbina eólica. El procedimiento incluye (a) proporcionar un primer molde del componente estructural. El primer molde tiene una pared exterior que define al menos una porción de una superficie interior del componente estructural. El procedimiento también incluye (b) asegurar al menos un pasador de herramienta a la pared exterior del primer molde que define una ranura de junta de pasador en el componente estructural. Además, el procedimiento incluye (c) acumular una o más capas

de fibras encima del primer molde para cubrir al menos parcialmente la pared exterior. La(s) capa(s) de fibra tiene(n) al menos un orificio que se encaja alrededor del/de los pasador(es) de herramienta. Además, el procedimiento incluye (d) infundir la(s) capa(s) de fibra conjuntamente por medio de un primer material de resina para formar un primer lado del componente estructural. Además, el procedimiento incluye (e) repetir las etapas (a) a (d) para formar un segundo lado del componente estructural. El procedimiento también incluye (f) colocar el primer y segundo lados en un segundo molde en direcciones opuestas de modo que sus respectivos orificios se alinean en una dirección en sentido de la cuerda. Como tal, el procedimiento incluye (g) infundir el primer y segundo lados conjuntamente en el segundo molde por medio de un segundo material de resina.

[0009] En un modo de realización, el primer y segundo lados pueden corresponder a un lado del borde de ataque y a un lado del borde de salida del componente estructural. En otro modo de realización, acumular la(s) capa(s) de fibra encima del primer molde puede incluir acumular una o más capas de fibra interiores encima del molde, acumular una o más características estructurales encima de la(s) capa(s) de fibra interior(es) y acumular una o más capas de fibra exteriores encima de la/de las característica(s) estructural(es).

[0010] En otros modos de realización, el procedimiento puede incluir colocar al menos un mandril entre los lados de ataque y salida en el segundo molde para proporcionar una forma de base para conformar el componente estructural. Además, el mandril puede incluir un material comprimible o sólido que tiene al menos un orificio que se extiende a su través que se alinea con los respectivos orificios de los lados de ataque y salida. Además, el/los mandril(es) se pueden estrechar hacia afuera hacia un extremo abierto del componente estructural para facilitar su retirada. Además, el/los mandril(es) se pueden construir con dos o más porciones entrelazadas o estrechadas. Más específicamente, las dos o más porciones entrelazadas o estrechadas pueden incluir una porción de lado de presión, una porción central y una porción de lado de succión. En dichos modos de realización, el procedimiento puede incluir retirar la porción central después de infundir el primer y segundo lados conjuntamente en el segundo molde y posteriormente retirar las porciones de lado de presión y de lado de succión del mandril. En determinados modos de realización, las diversas porciones del mandril pueden tener una sección transversal estrechada en la dirección en sentido de la envergadura del componente estructural.

[0011] En modos de realización adicionales, el procedimiento puede incluir envolver una o más bolsas de vacío alrededor del primer y segundo lados y el al menos un mandril dentro del segundo molde antes de infundir. En varios modos de realización, el procedimiento también puede incluir colocar la/las característica(s) estructural(es) encima o entre la(s) capa(s) de fibra e infundir la una o más capas de fibra exteriores y la/las característica(s) estructural(es) conjuntamente por medio del primer material de resina. Más específicamente, en dichos modos de realización, las características estructurales pueden incluir una o más almas.

[0012] En modos de realización adicionales, el procedimiento también puede incluir colocar un casquillo dentro de los respectivos orificios del primer y segundo lados y asegurar el/los pasador(es) de herramienta dentro de los casquillos. En otro modo de realización, el componente estructural puede corresponder a una estructura de viga o una sección receptora del segmento de pala.

[0013] En otro aspecto, la presente divulgación se refiere a un procedimiento para fabricar un componente estructural de un segmento de pala para una pala de rotor segmentada de una turbina eólica. El procedimiento incluye proporcionar un molde del componente estructural, teniendo el molde una pared exterior que define una superficie exterior del componente estructural. El procedimiento también incluye asegurar al menos un pasador de herramienta a la pared exterior para definir una ranura de junta de pasador en el componente estructural. Además, el procedimiento incluye acumular una o más capas de fibra exteriores en el molde para cubrir al menos parcialmente la pared exterior. La(s) capa(s) de fibra exterior(es) tiene(n) al menos un orificio que recibe el/los pasador(es) de herramienta. Como tal, la(s) capa(s) de fibra exterior(es) forman la superficie exterior del componente estructural. Además, el procedimiento incluye colocar una o más características estructurales encima de la una o más capas de fibra exteriores en el molde. Además, el procedimiento incluye infundir la(s) capa(s) de fibra exterior(es) y la(s) característica(s) estructural(es) conjuntamente por medio de un material de resina para formar el componente estructural. Se debe entender que el procedimiento puede incluir además cualquiera de las características y/o etapas de proceso adicionales descritas en el presente documento.

[0014] Aún en otro aspecto, la presente divulgación se refiere a un kit de moldeo para fabricar una sección receptora de un segmento de pala para una pala de rotor segmentada de una turbina eólica. El kit de moldeo incluye un primer molde para formar el primer y segundo lados de la sección receptora de uno o más materiales. El kit de moldeo también incluye al menos un pasador de herramienta para definir respectivos orificios en el primer y segundo lados para formar una ranura de junta de pasador en la sección receptora durante la fabricación. Además, el kit de moldeo incluye un segundo molde para recibir el primer y segundo lados en direcciones opuestas para formar los lados de bordes de ataque y salida de la sección receptora. Además, el kit de moldeo incluye al menos un mandril dispuesto en el segundo molde para proporcionar una forma de base para conformar la sección receptora. Además, el/los mandril(es) se construye(n) de un material comprimible o sólido que tiene un orificio que se extiende a su través. Por tanto, el primer y segundo lados de la sección receptora se configuran para encajar alrededor del/de los mandril(es) de modo que sus respectivos orificios se alinean con el orificio del mandril. En

consecuencia, el primer y segundo lados se pueden infundir conjuntamente en el segundo molde por medio de un material de resina.

[0015] En un modo de realización, el/los material(es) usado(s) para construir el primer y segundo lados puede(n) incluir, por ejemplo, una o más capas de fibra exteriores, una o más capas de pultrusiones, una o más almas y/o una o más capas de fibra interiores. Además, el material de resina puede incluir una resina termoestable o una resina termoplástica. Se debe entender que el kit de moldeo puede incluir además cualquiera de las características adicionales descritos en el presente documento.

[0016] Estas y otras características, aspectos y ventajas de la presente invención se entenderán mejor con referencia a la siguiente descripción y reivindicaciones adjuntas. Los dibujos adjuntos, que se incorporan en y constituyen parte de la presente memoria descriptiva, ilustran modos de realización de la invención y, conjuntamente con la descripción, sirven para exponer los principios de la invención, que se define en las reivindicaciones adjuntas.

Breve descripción de los dibujos

[0017] Una divulgación completa y suficiente de la presente invención, incluyendo el mejor modo de la misma, dirigida a un experto en la técnica, se expone en la memoria descriptiva, que hace referencia a las figuras adjuntas, en las que:

la FIG. 1 ilustra una vista en perspectiva de un modo de realización de una turbina eólica de acuerdo con la presente divulgación;

la FIG. 2 ilustra una vista en planta de un modo de realización de una pala de rotor que tiene un primer segmento de pala y un segundo segmento de pala de acuerdo con la presente divulgación;

la FIG. 3 ilustra una vista en perspectiva de una sección de un modo de realización del primer segmento de pala de acuerdo con la presente divulgación;

la FIG. 4 ilustra una vista en perspectiva de un modo de realización de una sección del segundo segmento de pala en la junta en sentido de la cuerda de acuerdo con la presente divulgación;

la FIG. 5 ilustra un conjunto de un modo de realización de la pala de rotor de la turbina eólica que tiene el primer segmento de pala unido al segundo segmento de pala de acuerdo con la presente divulgación;

la FIG. 6 ilustra una vista en perspectiva en despiece de un modo de realización de las múltiples estructuras de soporte del conjunto de la pala de rotor de la turbina eólica de acuerdo con la presente divulgación;

la FIG. 7 ilustra un diagrama de flujo de un modo de realización de un procedimiento para fabricar una sección receptora de un segmento de pala para una pala de rotor segmentada de una turbina eólica de acuerdo con la presente divulgación;

las FIGS. 8A-8G ilustran las etapas de proceso para un modo de realización de fabricación del primer y segundo lados de una sección receptora de un segmento de pala para una pala de rotor segmentada de una turbina eólica de acuerdo con la presente divulgación;

las FIGS. 9A-9F ilustran las etapas de proceso para un modo de realización de fabricación de una sección receptora de un segmento de pala para una pala de rotor segmentada de una turbina eólica de acuerdo con la presente divulgación;

la FIG. 10 ilustra una vista en sentido de la envergadura de un modo de realización de una sección receptora de un segmento de pala para una pala de rotor segmentada de una turbina eólica de acuerdo con la presente divulgación, que ilustra en particular un mandril de tres piezas configurado dentro de la sección receptora durante la fabricación del mismo;

la FIG. 11 ilustra una vista en sentido de la envergadura de otro modo de realización de una sección receptora de un segmento de pala para una pala de rotor segmentada de una turbina eólica de acuerdo con la presente divulgación, que ilustra en particular un mandril de dos piezas configurado dentro de la sección receptora durante la fabricación del mismo; y

la FIG. 12 ilustra un diagrama de flujo de otro modo de realización de un procedimiento para fabricar una sección receptora de un segmento de pala para una pala de rotor segmentada de una turbina eólica de acuerdo con la presente divulgación.

Descripción detallada

[0018] Ahora se hará referencia en detalle a modos de realización de la invención, de los que uno o más ejemplos se ilustran en los dibujos. Cada ejemplo se proporciona a modo de explicación de la invención, no de limitación de la invención.

[0019] En referencia ahora a los dibujos, la FIG. 1 ilustra una vista en perspectiva de un modo de realización de una turbina eólica 10 de acuerdo con la presente invención. En el modo de realización ilustrado, la turbina eólica 10 es una turbina eólica de eje horizontal. De forma alternativa, la turbina eólica 10 puede ser una turbina eólica de eje vertical. Además, como se muestra, la turbina eólica 10 puede incluir una torre 12 que se extiende desde una superficie de soporte 14, una góndola 16 montada en la torre 12, un generador 18 situado dentro de la góndola 16, una multiplicadora 20 acoplada al generador 18, y un rotor 22 que se acopla de forma rotatoria a la multiplicadora 20 con un eje de rotor 24. Además, como se muestra, el rotor 22 incluye un buje rotatorio 26 y al menos una pala de rotor 28 acoplada a y que se extiende hacia afuera desde el buje rotatorio 26. Como se muestra, la pala de rotor 28 incluye una punta de pala 17 y una raíz de pala 19.

[0020] En referencia ahora a la FIG. 2, se ilustra una vista en planta de una de las palas del rotor 28 de la FIG. 1. Como se muestra, la pala de rotor 28 puede incluir un primer segmento de pala 30 y un segundo segmento de pala 32. Además, como se muestra, el primer segmento de pala 30 y el segundo segmento de pala 32 se pueden extender cada uno en direcciones opuestas a partir de una junta en sentido de la cuerda 34. Además, como se muestra, cada uno de los segmentos de pala 30, 32 puede incluir al menos un miembro de concha que define una superficie de perfil alar, tal como un miembro de concha de lado de presión y un miembro de concha de lado de succión. El primer segmento de pala 30 y el segundo segmento de pala 32 se conectan por al menos una estructura de soporte interna 36 que se extiende hacia ambos segmentos de pala 30, 32 para facilitar la unión de los segmentos de pala 30, 32. La flecha 38 muestra que la pala de rotor segmentada 28 en el ejemplo ilustrado incluye dos segmentos de pala 30, 32 y que estos segmentos de pala 30, 32 se unen insertando la estructura de soporte interna 36 en el segundo segmento de pala 32. Además, como se muestra, el segundo segmento de pala incluye múltiples estructuras de larguero 66 (también denominadas en el presente documento tapas de larguero) que se extienden longitudinalmente para conectarse con la estructura de viga 40 del primer segmento de pala 30 (que se muestra con más detalle en las FIGS. 3 y 5).

[0021] En referencia ahora a la FIG. 3, se ilustra una vista en perspectiva de una sección del primer segmento de pala 30 de acuerdo con la presente divulgación. Como se muestra, el primer segmento de pala 30 incluye una estructura de viga 40 que forma una porción de la estructura de soporte interna 36 y se extiende longitudinalmente para conectarse estructuralmente con el segundo segmento de pala 32. Además, como se muestra, la estructura de viga 40 forma al menos una parte de un alma 42 conectada con una tapa de larguero de lado de succión 44 y una tapa de larguero de lado de presión 46. Además, como se muestra, el primer segmento de pala 30 puede incluir una o más primeras juntas de pasador en un extremo receptor 54 de la estructura de viga 40. En un modo de realización, la junta de pasador puede incluir un pasador que está en un encaje por interferencia ajustado con un casquillo. Más específicamente, como se muestra, la(s) junta(s) de pasador puede(n) incluir al menos un tubo de pasador 52 localizado en el extremo receptor 54 de la estructura de viga 40. Por tanto, como se muestra, el tubo de pasador 52 se puede orientar en una dirección en sentido de la envergadura. Además, el primer segmento de pala 30 también puede incluir una ranura de junta de pasador 50 localizada en la estructura de viga 40. Además, como se muestra, la ranura de junta de pasador 50 se puede orientar en una dirección en sentido de la cuerda.

[0022] En referencia ahora a la FIG. 4, se ilustra una vista en perspectiva de una sección del segundo segmento de pala 32 de acuerdo con la presente divulgación. Como se muestra, el segundo segmento de pala 32 incluye una sección receptora 60 que se extiende longitudinalmente dentro del segundo segmento de pala 32 para recibir la estructura de viga 40 del primer segmento de pala 30. Además, como se muestra, la sección receptora 60 puede incluir las estructuras de larguero 66 que se extienden longitudinalmente para conectarse con la estructura de viga 40 del primer segmento de pala 30. Además, como se muestra, la sección receptora 60 puede incluir un miembro en sentido de la cuerda 48 que tiene una ranura de junta de pasador en sentido de la envergadura 56 definida a su través. Además, como se muestra, la sección receptora 60 puede incluir una ranura de junta de pasador en sentido de la cuerda 58 definida a su través que se alinea con la ranura de junta de pasador 50 de la estructura de viga 40.

[0023] En referencia ahora a la FIG. 5, se ilustra un conjunto 70 de la pala de rotor 28 que tiene el primer segmento de pala 30 unido con el segundo segmento de pala 32 de acuerdo con la presente divulgación. Como se muestra, el conjunto 70 ilustra múltiples estructuras de soporte debajo de los miembros de concha exterior de la pala de rotor 28 que tiene el primer segmento de pala 30 unido al segundo segmento de pala 32. Más específicamente, como se muestra, el pasador que se extiende en sentido de la envergadura 52 del extremo receptor 54 de la estructura de viga 40 se recibe dentro de la ranura de junta de pasador en sentido de la envergadura 56 de la sección receptora 60 para asegurar el primer y segundo segmentos de pala 30, 32 conjuntamente.

[0024] En referencia ahora a la FIG. 6, se ilustra una vista en perspectiva en despiece de las múltiples estructuras de soporte del conjunto 70 hacia la sección receptora 60 de la pala de rotor 28. Como se muestra, las estructuras

de larguero 66 se configuran para recibir la estructura de viga 40 y pueden incluir la ranura de junta de pasador en sentido de la cuerda 58 que se alinea con la ranura de junta de pasador 50 de la estructura de viga 40 a través de la que se puede insertar un pasador que se extiende en sentido de la cuerda 62. Además, como se muestra, la extensión en sentido de la cuerda 62 se puede configurar para permanecer en un encaje por interferencia apretado dentro de las ranuras de junta de pasador de alineación 50, 58 de modo que las estructuras de larguero 66 y la estructura de viga 40 se unen conjuntamente durante el montaje. Además, la FIG. 6 también ilustra el miembro en sentido de la cuerda 48 que incluye la ranura de junta de pasador 56 configurada para recibir el tubo de pasador 52 (también denominado en el presente documento pasador que se extiende en sentido de la envergadura 52) de la estructura de viga 40. Como tal, el tubo de pasador 52 se configura para formar una junta de pasador con encaje por interferencia ajustado.

[0025] En referencia ahora a la FIG. 7, se ilustra un diagrama de flujo 100 de un procedimiento para fabricar un componente estructural, tal como una estructura de viga o una sección receptora, de un segmento de pala para una pala de rotor segmentada de una turbina eólica de acuerdo con la presente divulgación. En general, el procedimiento 100 se describirá en el presente documento con referencia a la sección receptora 60 de la pala de rotor 28 mostrada en las FIGS. 1-6, 8-9 y 10-11. Sin embargo, se debe apreciar que el procedimiento divulgado 100 se puede implementar con palas de rotor que tienen cualquier otra configuración adecuada. Además, aunque la FIG. 7 representa las etapas realizadas en un orden particular para propósitos de ilustración y análisis, los procedimientos analizados en el presente documento no se limitan a ningún orden o disposición particular. Un experto en la técnica, usando las divulgaciones proporcionadas en el presente documento, apreciará que diversas etapas de los procedimientos divulgados en el presente documento se pueden omitir, reorganizar, combinar y/o adaptar de diversas formas sin desviarse del alcance de la presente divulgación.

[0026] Como se muestra en (102), el procedimiento 100 puede incluir (a) proporcionar un primer molde de la sección receptora 60. Por ejemplo, como se muestra en la FIG. 8A, el primer molde 150 puede definir una pared exterior 152 que define al menos una porción de una superficie interior de la sección receptora 60 una vez formada. Además, como se muestra en (104), el procedimiento 100 puede incluir (b) asegurar al menos un pasador de herramienta 154 a la pared exterior 152 del primer molde 150 para definir una ranura de junta de pasador en la sección receptora 60. Por ejemplo, como se muestra en la FIG. 8A, el pasador de herramienta 154 se puede asegurar encima de la pared exterior 152 del primer molde 150. Como se muestra en (106), el procedimiento 100 puede incluir (c) acumular una o más capas de fibra 156, 166 encima del primer molde 150 para cubrir al menos parcialmente la pared exterior 152. Más específicamente, como se muestra en la FIG. 8B, se pueden colocar una o más capas de fibra interiores 156 encima del primer molde 150. Además, como se muestra, la(s) capa(s) de fibra interior(es) 156 pueden tener al menos un orificio 158 que se encaja alrededor del pasador de herramienta 154. En otros modos de realización, como se muestra en la FIG. 8C, el procedimiento 100 también puede incluir colocar característica(s) estructural(es) 160 encima de la(s) capa(s) de fibra interior(es) 156. Más específicamente, como se muestra, las características estructurales 160 pueden incluir una o más almas 162 que tienen al menos un orificio 164 configurado en las mismas para encajar alrededor del pasador de herramienta 154. Además, como se muestra en la FIG. 8D, el procedimiento 100 puede incluir colocar una o más capas de fibra exteriores 166 encima de la/de las característica(s) estructural(es) 160.

[0027] En consecuencia, en referencia de nuevo a la FIG. 7, como se muestra en (108), el procedimiento 100 puede incluir además (d) infundir la una o más capas de fibra 156, 166 conjuntamente por medio de un primer material de resina 168 para formar un primer lado 170 de la sección receptora 60. Por ejemplo, como se muestra en la FIG. 8E, se puede colocar una bolsa de vacío 172 y consumibles asociados encima del primer molde 150, las capas de fibra 156, 166 y la/las característica(s) estructural(es) 160 de modo que el primer material de resina 168 puede infundir vacío a dichos componentes conjuntamente. Como se muestra en la FIG. 8F, se ilustra una vista frontal de un modo de realización del primer lado final 170 de la sección receptora 60, que ilustra en particular el primer lado 170 que tiene un orificio 174 formado en el mismo, que forma parte de la ranura de junta de pasador 58 descrita en el presente documento.

[0028] En referencia de nuevo a la FIG. 7, como se muestra en (110), el procedimiento 100 puede incluir además (e) repetir las etapas (a) a (d) para formar un segundo lado 176 de la sección receptora 60. Como tal, el primer y segundo lados 170, 176 son componentes sustancialmente idénticos y se configuran para formar los lados de borde de ataque y borde de salida de la sección receptora 60, respectivamente. En modos de realización adicionales, como se muestra en la FIG. 8G, el procedimiento 100 también puede incluir colocar un casquillo 196 dentro de los respectivos orificios 174, 178 del primer y segundo lados 170, 176 y asegurar el/los pasador(es) de herramienta 154 dentro de los casquillos 196.

[0029] Por tanto, como se muestra en (112), el procedimiento 100 puede incluir (f) colocar el primer y segundo lados 170, 176 en un segundo molde 180 en direcciones opuestas de modo que sus respectivos orificios 174, 178 se alinean en una dirección en sentido de la cuerda. Más específicamente, como se muestra en la FIG. 9A, una bolsa de vacío 182 y consumibles asociados se pueden colocar en primer lugar en el segundo molde 180. Como se muestra en 9B, el primer lado 170 se puede colocar a continuación encima de la bolsa de vacío 182. Como se muestra en la FIG. 9C, el procedimiento 100 puede incluir a continuación colocar al menos un mandril 184 encima

del primer lado 170 de la sección receptora 60. Por tanto, como se muestra, el/los mandril(es) 184 se configuran para proporcionar una forma de base para conformar la sección receptora 60.

[0030] Además, el mandril 184 se puede construir de un material comprimible o sólido que tiene al menos un orificio 186 que se extiende a su través que se alinea con los respectivos orificios 158, 164 de los lados de ataque y salida 170, 176. Además, como se muestra en las FIGS. 10 y 11, el/los mandril(es) 184 descrito(s) en el presente documento se puede(n) construir de múltiples porciones o partes. Por ejemplo, como se muestra en la FIG. 10, el/los mandril(es) 184 puede(n) incluir una porción de lado de presión 188, una porción central 190 y una porción de lado de succión 192. En otro modo de realización, como se muestra en la FIG. 11, el/los mandril(es) 184 puede(n) tener una configuración de dos partes que simplemente incluye la porción de lado de presión 188 y la porción de lado de succión 192. Además, como se muestra en las FIGS. 10 y 11, las diversas porciones 188, 190, 192 del mandril 184 pueden tener una sección transversal estrechada en la dirección en sentido de la envergadura de la sección receptora 60.

[0031] En referencia de nuevo a la FIG. 9D, después de colocar el mandril 184, el segundo lado 176 de la sección receptora 60 se puede colocar encima del mandril 184. Como se muestra, el segundo lado de la sección receptora 60 también incluye un orificio 178 que se alinea con el orificio 174 del primer lado 170 y el orificio 186 del mandril 184. Por tanto, como se muestra en la FIG. 9E, se puede insertar otro pasador de herramienta 198 a través de los orificios alineados 174, 178, 186. Además, como se muestra, la bolsa de vacío 182 se puede envolver a continuación alrededor del primer y segundo lados 170, 176 y el mandril 184. Por tanto, en referencia de nuevo a la FIG. 7, como se muestra en (114), el procedimiento 100 puede incluir (g) infundir el primer y segundo lados 170, 176 conjuntamente en el segundo molde 180 por medio de un segundo material de resina 194. Una vista en sección transversal de la sección receptora final se ilustra en la FIG. 9F, que ilustra en particular la ranura de junta de pasador preformada 58 formada en la misma.

[0032] Además, como se muestra, la sección receptora ilustrada 60 todavía incluye el mandril 184. Por lo tanto, en dichos modos de realización, el procedimiento 100 también puede incluir retirar el mandril 184 desde dentro de la sección receptora 60. Por ejemplo, cuando se usa un mandril de tres partes (FIG. 10), la porción central 190 del mandril 184 se puede extraer en primer lugar, es decir, a través de uno de los extremos abiertos de la sección receptora 60 después de que la parte se haya curado. Como tal, cuando se retira la porción central 190 del mandril 184, las porciones de lado de presión y de succión 188, 192 del mandril 184 se unen de modo que también se pueden retirar fácilmente desde dentro de la sección receptora 60 por medio de uno de los extremos abiertos de la misma. Cuando se usa un mandril de dos partes 184 (FIG. 11), de las porciones de lado de presión o de succión 188, 192 se retiran a través de uno de los extremos abiertos seguido por el otro. Además, las secciones transversales estrechadas de las diversas porciones 188, 190, 192 del mandril 184 también se configuran para ayudar además a extraer la parte. Además, como se menciona, el mandril 184 puede ser comprimible; por lo tanto, puede incluir aire que se puede retirar por medio del mismo sistema de vacío usado para infundir el componente estructural conjuntamente. Como tal, una vez que se desinfla el mandril 184, se puede retirar fácilmente de un extremo de punta de la sección receptora terminada. El mandril 184 también se puede formar de un material de espuma o similar que se puede comprimir fácilmente para permitir una fácil retirada.

[0033] En referencia ahora a la FIG. 12, se ilustra un diagrama de flujo 200 de un procedimiento para fabricar un componente estructural, tal como una estructura de viga o una sección receptora, de un segmento de pala para una pala de rotor segmentada de una turbina eólica de acuerdo con la presente divulgación. En general, el procedimiento 200 se describirá en el presente documento con referencia a la sección receptora 60 de la pala de rotor 28 mostrada en las FIGS. 1-6, 8-9 y 10-11. Sin embargo, se debe apreciar que el procedimiento divulgado 100 se puede implementar con palas de rotor que tienen cualquier otra configuración adecuada. Además, aunque la FIG. 12 representa las etapas realizadas en un orden particular para propósitos de ilustración y análisis, los procedimientos analizados en el presente documento no se limitan a ningún orden o disposición particular. Un experto en la técnica, usando las divulgaciones proporcionadas en el presente documento, apreciará que diversas etapas de los procedimientos divulgados en el presente documento se pueden omitir, reorganizar, combinar y/o adaptar de diversas formas sin desviarse del alcance de la presente divulgación.

[0034] Como se muestra en (202), el procedimiento 200 puede incluir proporcionar un molde del componente estructural que tiene una pared exterior que define una superficie interior de la sección receptora 60. Como se muestra en (204), el procedimiento 200 puede incluir asegurar al menos un pasador de herramienta a la pared exterior para definir una ranura de junta de pasador en la sección receptora 60. Como se muestra en (206), el procedimiento 200 puede incluir acumular una o más capas de fibra exteriores encima del molde para cubrir al menos parcialmente la pared exterior. La(s) capa(s) de fibra exterior(es) tiene(n) al menos un orificio que recibe el/los pasador(es) de herramienta. Como tal, la(s) capa(s) de fibra exterior(es) forman la superficie interior de la sección receptora 60. Como se muestra en (208), el procedimiento 200 puede incluir colocar una o más características estructurales encima de la una o más capas de fibra exteriores encima del molde. Como se muestra en (210), el procedimiento 200 puede incluir infundir la(s) capa(s) de fibra exterior(es) y la/las característica(s) estructural(es) conjuntamente por medio de un material de resina para formar la sección receptora 60. Como se muestra en (212), el procedimiento 200 puede incluir retirar el/los pasador(es) de herramienta de la sección receptora 60 después de que la sección receptora 60 se haya curado.

[0035] El material de resina 168, 194 descrito en el presente documento puede incluir, por ejemplo, un material termoestable o un material termoplástico. Los materiales termoplásticos como se describe en el presente documento pueden englobar en general un material plástico o polímero que es de naturaleza reversible. Por ejemplo, los materiales termoplásticos típicamente se vuelven flexibles o moldeables cuando se calientan a una temperatura determinada y vuelven a un estado más rígido tras enfriarse. Además, los materiales termoplásticos pueden incluir materiales termoplásticos amorfos y/o materiales termoplásticos semicristalinos. Por ejemplo, algunos materiales termoplásticos amorfos pueden incluir en general, pero no se limitan a, estirenos, vinilos, celulosas, poliésteres, acrílicos, polisulfonas y/o imidas. Más específicamente, los materiales termoplásticos amorfos de ejemplo pueden incluir poliestireno, acrilonitrilo-butadieno-estireno (ABS), poli(metacrilato de metilo) (PMMA), poli(tereftalato de etileno) glucolizado (PET-G), policarbonato, poli(acetato de vinilo), poliamida amorfa, poli(cloruro de vinilo) (PVC), poli(cloruro de vinilideno), poliuretano, o cualquier otro material termoplástico amorfo adecuado. Además, los materiales termoplásticos semicristalinos de ejemplo pueden incluir en general, pero no se limitan a, poliolefinas, poliamidas, fluoropolímero, acrilato de metilo y etilo, poliésteres, policarbonatos y/o acetales. Más específicamente, los materiales termoplásticos semicristalinos de ejemplo pueden incluir poli(tereftalato de butileno) (PBT), poli(tereftalato de etileno) (PET), polipropileno, poli(sulfuro de fenilo), polietileno, poliamida (nylon), polietercetona o cualquier otro material termoplástico semicristalino adecuado.

[0036] Además, los materiales termoestables como se describe en el presente documento pueden englobar en general un material plástico o polímero que es de naturaleza no reversible. Por ejemplo, los materiales termoestables, una vez curados, no se pueden remodelar fácilmente o volver a un estado líquido. Como tal, después de la formación inicial, los materiales termoestables son en general resistentes al calor, la corrosión y/o la fatiga. Los materiales termoestables de ejemplo pueden incluir en general, pero no se limitan a, algunos poliésteres, algunos poliuretanos, ésteres, epoxis o cualquier otro material termoendurecible adecuado.

[0037] Además, las capas de fibras descritas en el presente documento pueden incluir, por ejemplo, fibras de vidrio, fibras de carbono, fibras de polímero, fibras de madera, fibras de bambú, fibras cerámicas, nanofibras, fibras metálicas o combinaciones de las mismas. Además, la dirección u orientación de las fibras puede incluir dirección cuasiisotrópica, multiaxial, unidireccional, biaxial, triaxial o cualquier otra dirección adecuada y/o combinaciones de las mismas.

[0038] El experto en la técnica reconocerá la intercambiabilidad de diversas características de diferentes modos de realización. De forma similar, las diversas etapas de procedimiento y características descritas, así como otros equivalentes conocidos para uno de dichos procedimientos y característica, se pueden mezclar y combinar por un experto en esta técnica para construir sistemas y técnicas adicionales de acuerdo con los principios de la presente divulgación. Por supuesto, se debe entender que no todos de dichos objetivos o ventajas descritos anteriormente se pueden lograr necesariamente de acuerdo con cualquier modo de realización particular. Por tanto, por ejemplo, los expertos en la técnica reconocerán que los sistemas y técnicas descritos en el presente documento se pueden realizar o llevar a cabo de manera que logre u optimice una ventaja o grupo de ventajas, como se enseña en el presente documento sin lograr necesariamente otros objetivos o ventajas como se pueda enseñar o sugerir en el presente documento.

[0039] Aunque en el presente documento solo se han ilustrado y descrito determinadas características de la invención, a los expertos en la técnica se le podrán ocurrir muchas modificaciones y cambios.

[0040] Esta descripción escrita usa ejemplos para divulgar la invención, incluyendo el mejor modo, y también para permitir que cualquier experto en la técnica practique la invención, incluyendo fabricar y usar cualquier dispositivo o sistema y realizar cualquier procedimiento incorporado. El alcance patentable de la invención se define por las reivindicaciones y puede incluir otros ejemplos que se les ocurran a los expertos en la técnica.

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento para fabricar un componente estructural de un segmento de pala (30) para una pala de rotor segmentada de una turbina eólica (10), comprendiendo el procedimiento:
 - (a) proporcionar un primer molde (150) del componente estructural, teniendo el primer molde una pared exterior (152) que define al menos una porción de una superficie interior del componente estructural;
 - (b) asegurar al menos un pasador de herramienta (154) a la pared exterior del primer molde para definir una ranura de junta de pasador (58) en el componente estructural;
 - (c) acumular una o más capas de fibra (156,166) encima del primer molde para cubrir al menos parcialmente la pared exterior, teniendo la una o más capas de fibra al menos un orificio que encaja alrededor del al menos un pasador de herramienta;
 - (d) infundir la una o más capas de fibras conjuntamente por medio de un primer material de resina para formar un primer lado del componente estructural; y,
 - (e) repetir las etapas (a) a (d) para formar un segundo lado del componente estructural;
 - (f) colocar el primer y segundo lados en un segundo molde (180) en direcciones opuestas de modo que sus respectivos orificios (174,178) se alinean en una dirección en sentido de la cuerda; e,
 - (g) infundir el primer y segundo lados conjuntamente en el segundo molde por medio de un segundo material de resina.
2. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que el primer y segundo lados corresponden a un lado de borde de ataque y a un lado de borde de salida del componente estructural.
3. El procedimiento de las reivindicaciones 1 o 2, en el que acumular una o más capas de fibra encima del primer molde comprende además acumular una o más capas de fibra interiores (156), encima del molde, acumular una o más características estructurales encima de la una o más capas de fibra interiores, y acumular una o más capas de fibra exteriores (166), encima de la una o más características estructurales.
4. El procedimiento de la reivindicación 2, que comprende además colocar al menos un mandril (184) entre los lados de ataque y de salida en el segundo molde para proporcionar una forma de base para conformar el componente estructural, comprendiendo el mandril al menos un orificio (186) que se extiende a su través que se alinea con los respectivos orificios (174, 178) de los lados de ataque y de salida.
5. El procedimiento de la reivindicación 4, en el que al menos un mandril se estrecha hacia afuera hacia un extremo abierto del componente estructural para la retirada del mismo.
6. El procedimiento de la reivindicación 5, en el que al menos un mandril se construye con dos o más porciones entrelazadas o estrechadas.
7. El procedimiento de la reivindicación 6, en el que las dos o más porciones entrelazadas o estrechadas comprenden una porción de lado de presión (188), una porción central (190) y una porción de lado de succión (192), comprendiendo además el procedimiento:
 - retirar la porción central después de infundir el primer y el segundo lados conjuntamente en el segundo molde; y,
 - retirar posteriormente las porciones de lado de presión y de lado de succión.
8. El procedimiento de las reivindicaciones 4-7, que comprende además envolver una o más bolsas de vacío (182) alrededor del primer y segundo lados y el al menos un mandril dentro del segundo molde antes de infundir.
9. El procedimiento de cualquiera de las reivindicaciones precedentes, que comprende además colocar una o más características estructurales encima o entre la una o más capas de fibra e infundir la una o más capas de fibra exteriores y la una o más características estructurales conjuntamente por medio del primer material de resina.
10. Un kit de moldeo para fabricar una sección receptora (60) de un segmento de pala (32) para una pala de rotor segmentada de una turbina eólica (10), comprendiendo el kit de moldeo:

- un primer molde (150) para formar el primer y segundo lados de la sección receptora de uno o más materiales;
- 5 al menos un pasador de herramienta (154) para definir respectivos orificios (174,178) en el primer y segundo lados para formar una ranura de junta de pasador (58) en la sección receptora durante la fabricación;
- 10 un segundo molde (180) para recibir el primer y segundo lados en direcciones opuestas para formar los lados de borde de ataque y de salida de la sección receptora; y,
- al menos un mandril (184) dispuesto en el segundo molde para proporcionar una forma de base para conformar la sección receptora, teniendo el al menos un mandril construido de un material comprimible un orificio (186) que se extiende a su través,
- 15 en el que el primer y segundo lados de la sección receptora encajan alrededor del al menos un mandril de modo que sus respectivos orificios (174, 178) se alinean con el orificio del al menos un mandril, infundiéndose conjuntamente el primer y segundo lados en el segundo molde por medio de un material de resina.
- 20 11. El kit de moldeo de la reivindicación 10, en el que el uno o más materiales comprenden al menos una de una o más capas de fibra exteriores (166), una o más capas de pultrusiones, una o más almas (162), o una o más capas de fibra interiores (156), y en el que el material de resina comprende al menos una de una resina termoestable o una resina termoplástica.
- 25 12. El kit de moldeo de la reivindicación 10, en el que el primer molde define una pared exterior que define al menos una porción de una superficie interior de la sección receptora.
- 30 13. El kit de moldeo de las reivindicaciones 10-12, en el que el al menos un mandril se construye con dos o más porciones entrelazadas o estrechadas.
14. El kit de moldeo de la reivindicación 13, en el que las dos o más porciones entrelazadas o estrechadas comprenden una porción de lado de presión (188), una porción central (190) y una porción de lado de succión (192).
- 35 15. El kit de moldeo de las reivindicaciones 10-14, que comprende además una o más bolsas de vacío (182) configuradas para recibir el primer y segundo lados y el al menos un mandril dentro del segundo molde.

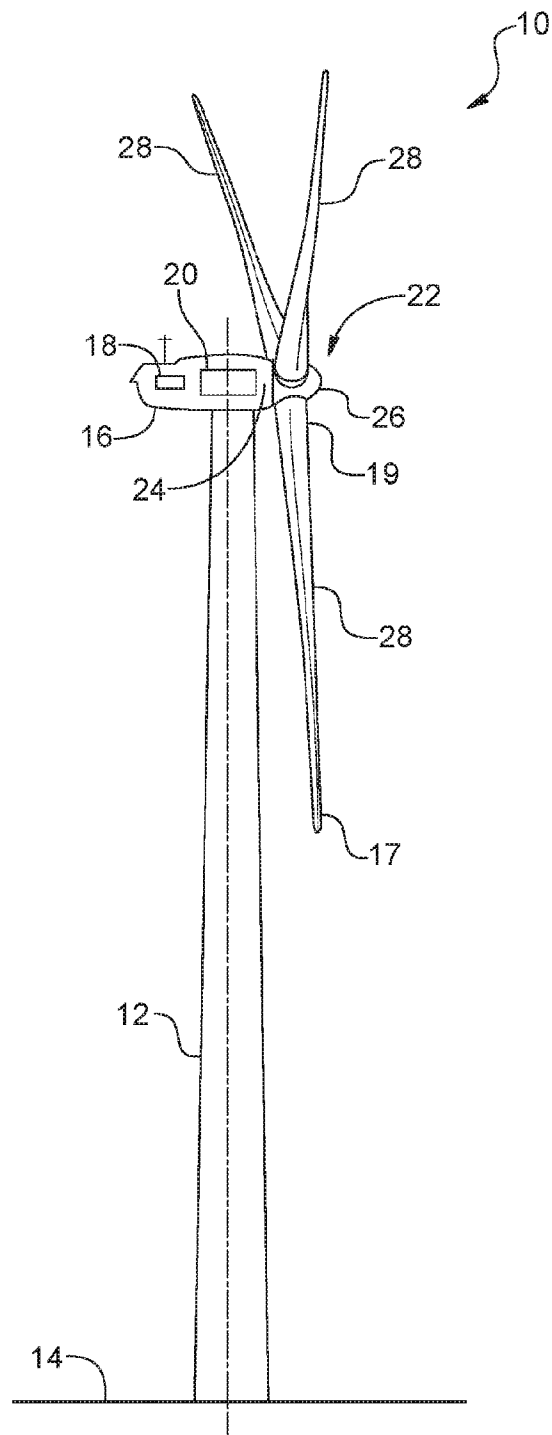


FIG. 1

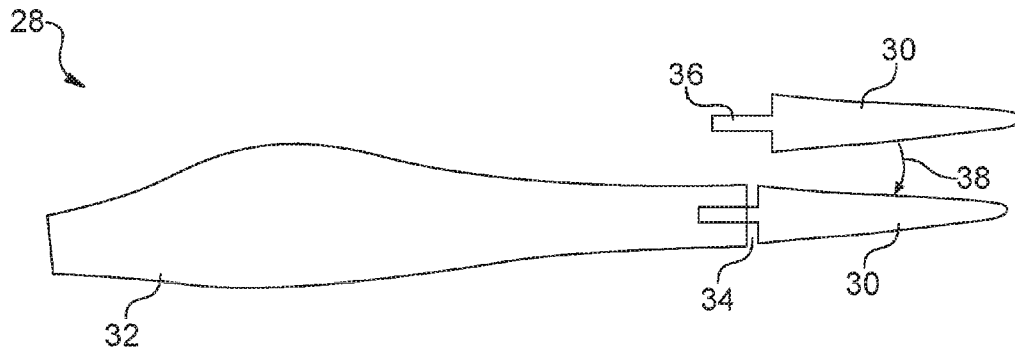


FIG. 2

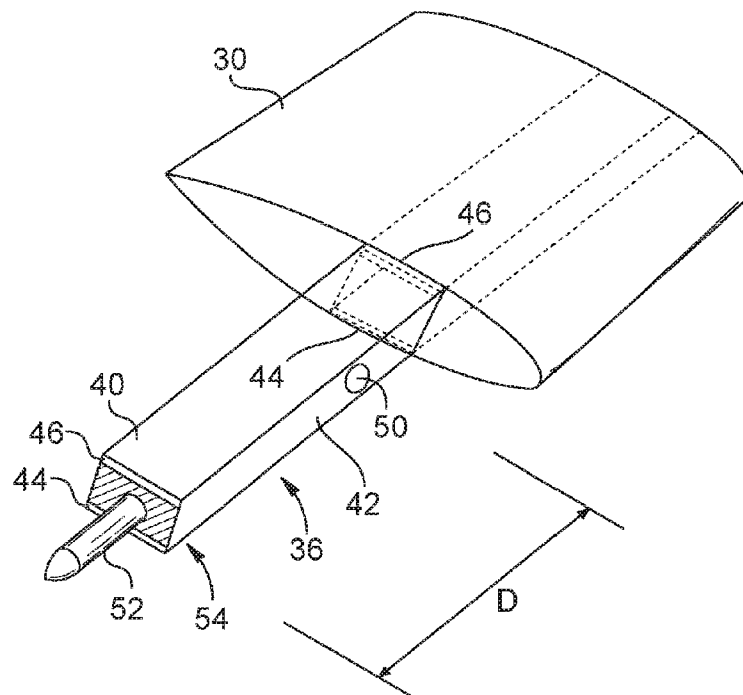


FIG. 3

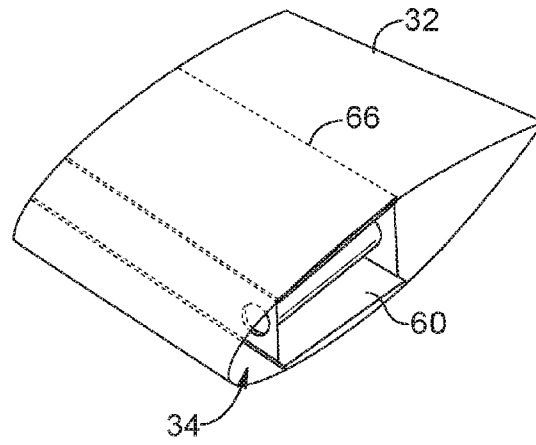


FIG. 4

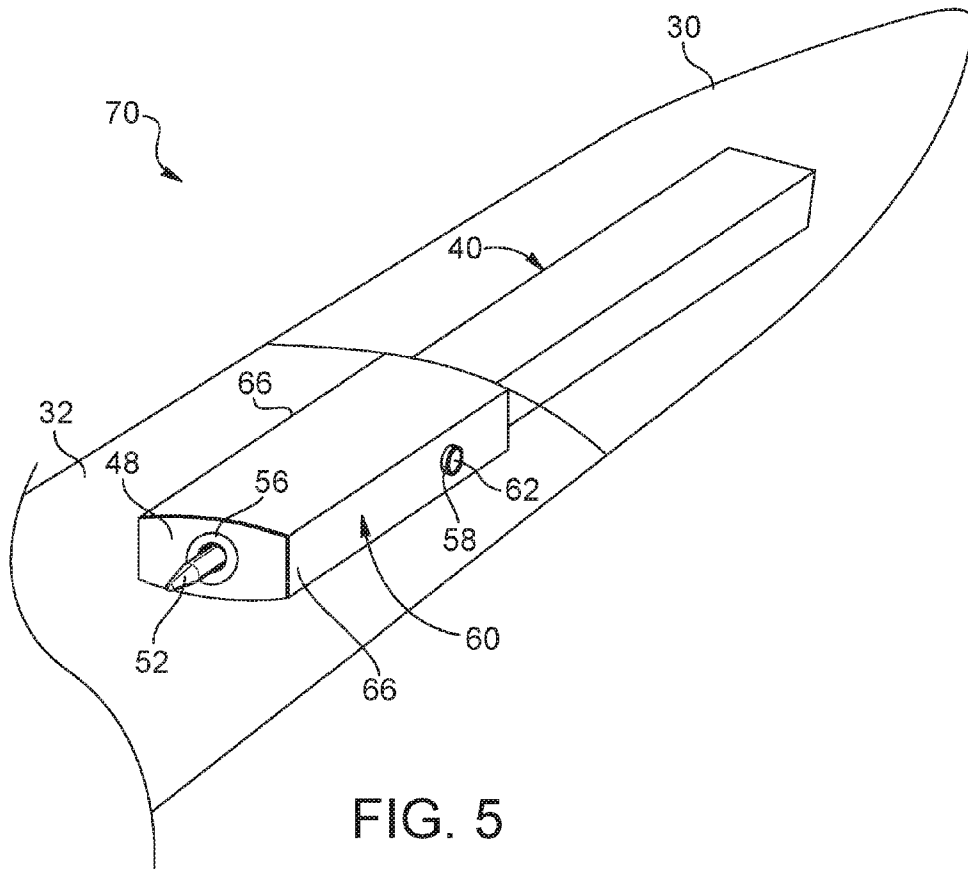


FIG. 5

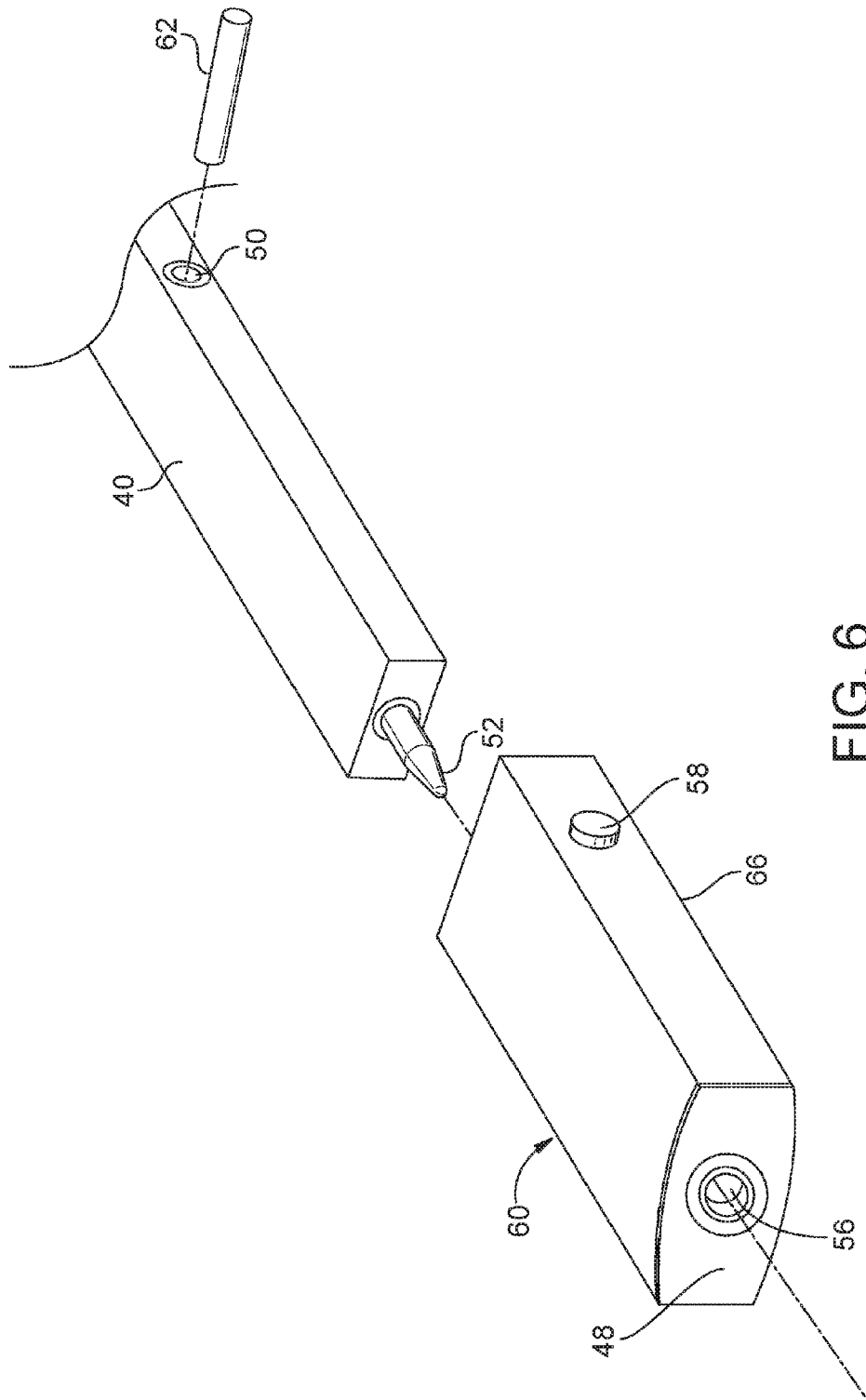


FIG. 6

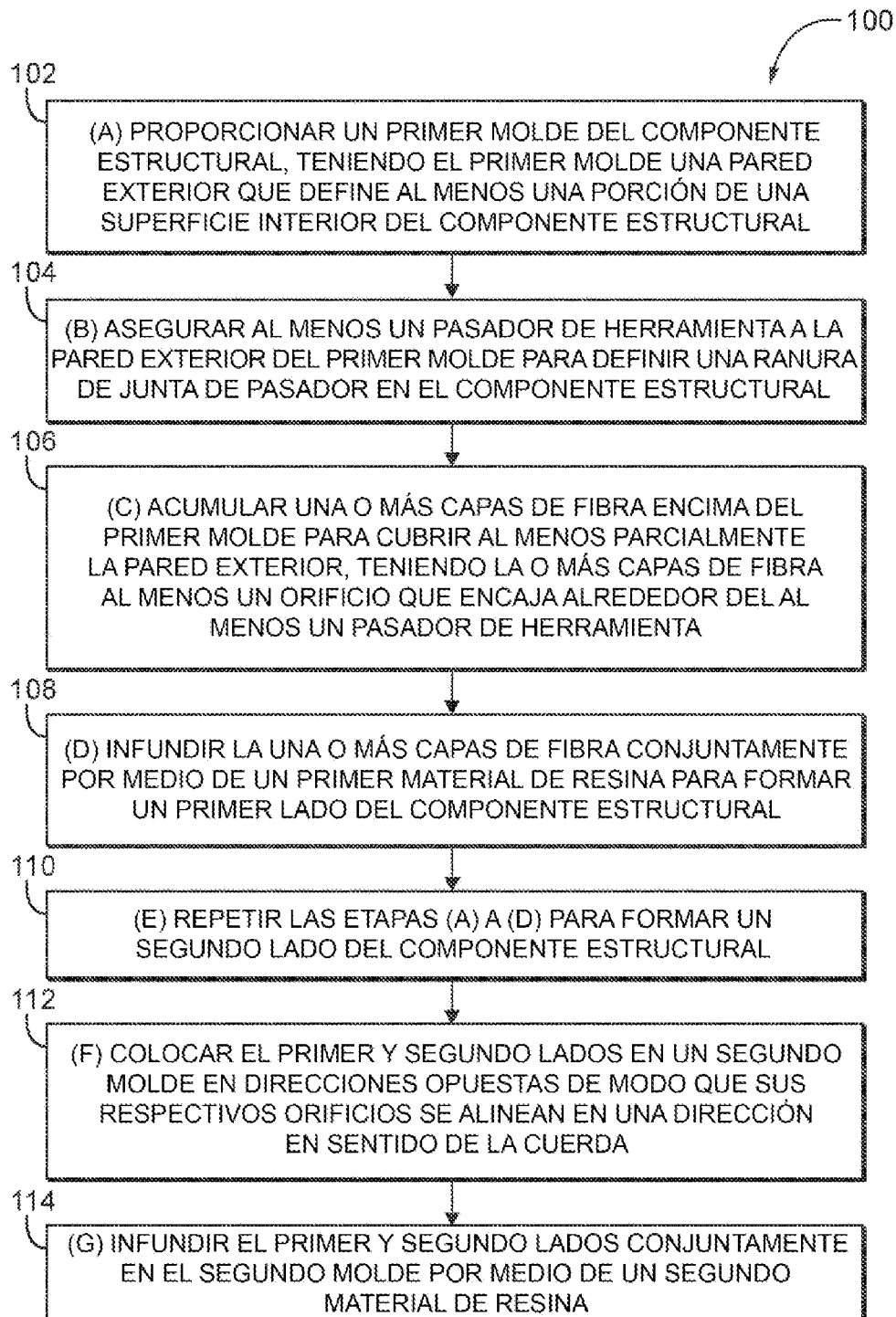


FIG. 7

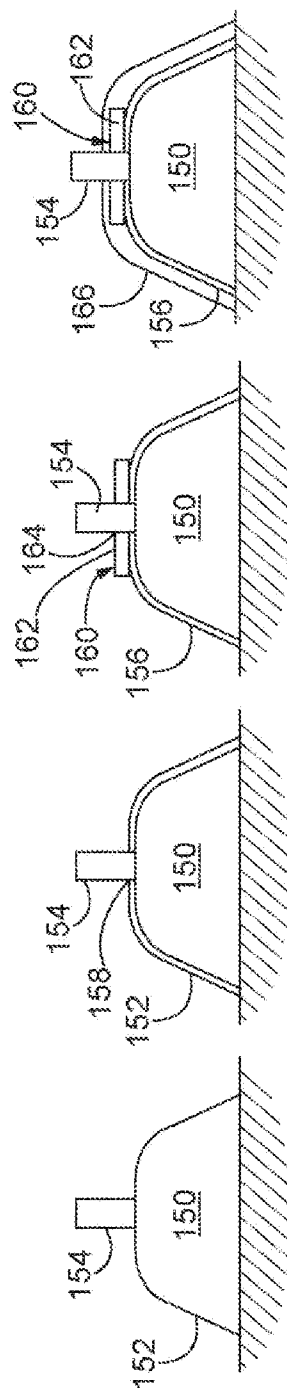


FIG. 8A

FIG. 8B

FIG. 8C

FIG. 8D

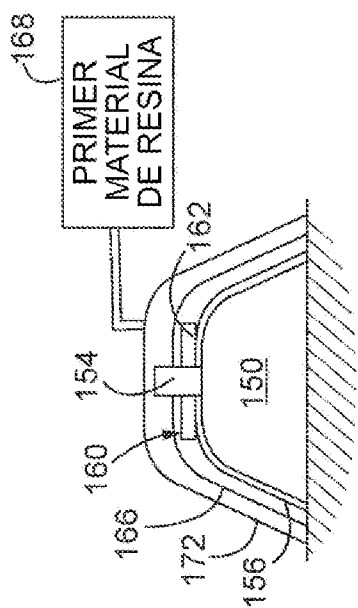


FIG. 8E

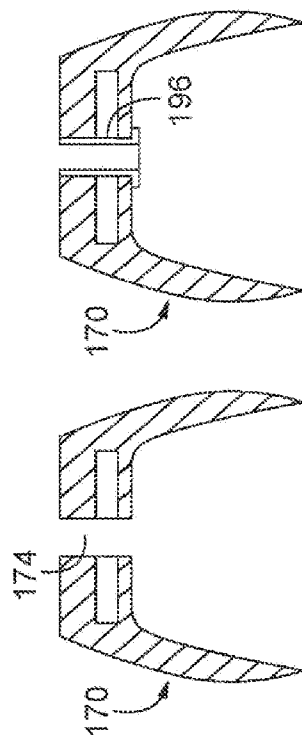


FIG. 8F

FIG. 8G

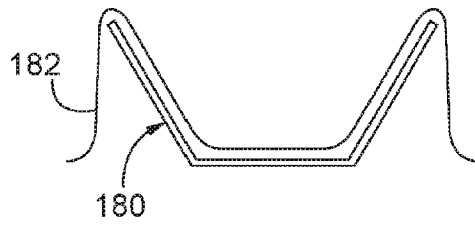


FIG. 9A

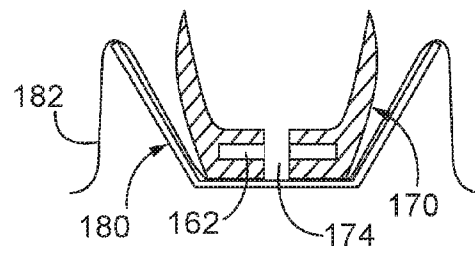


FIG. 9B

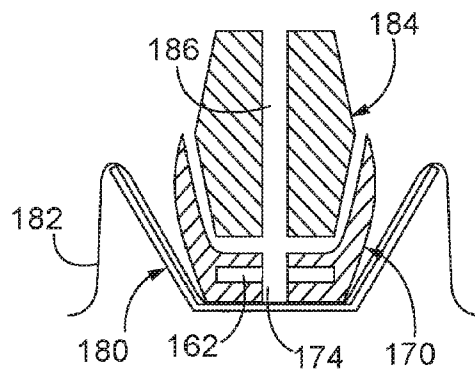


FIG. 9C

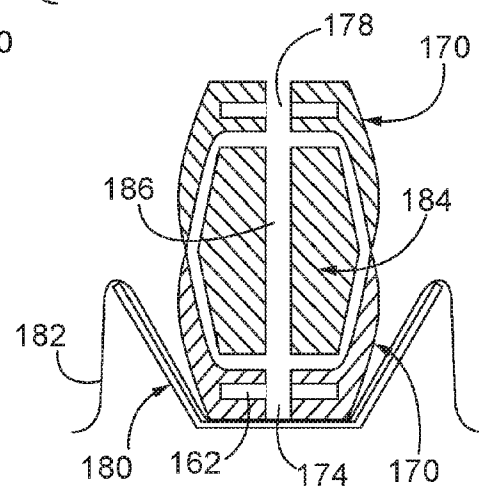


FIG. 9D

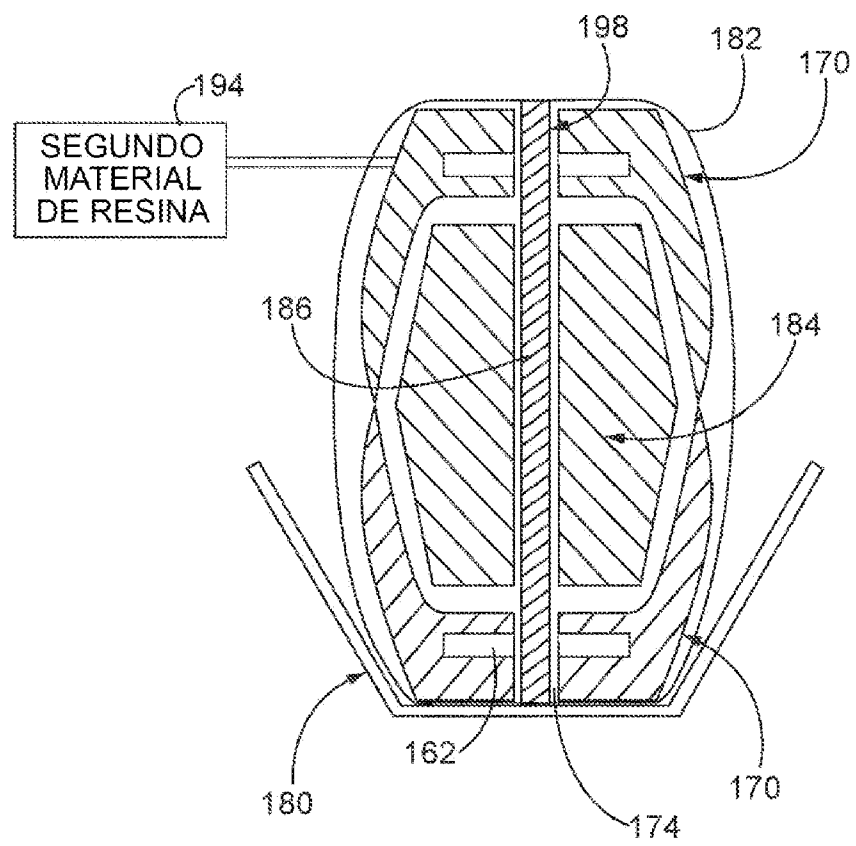


FIG. 9E

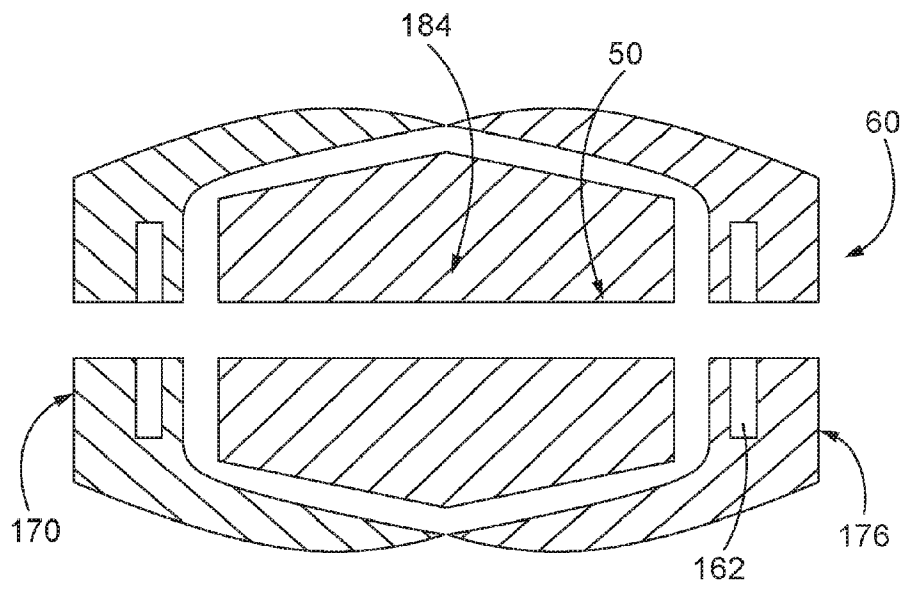
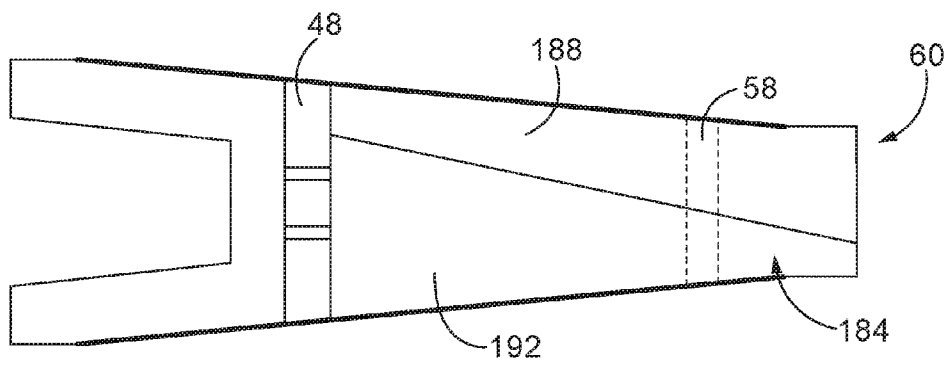
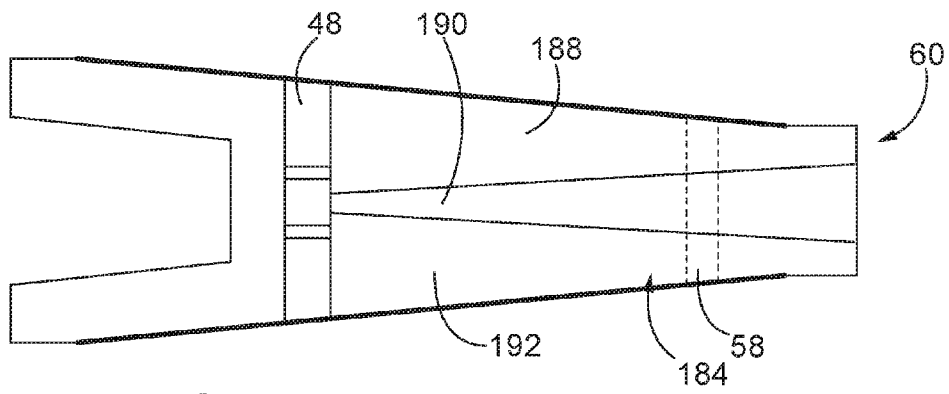


FIG. 9F



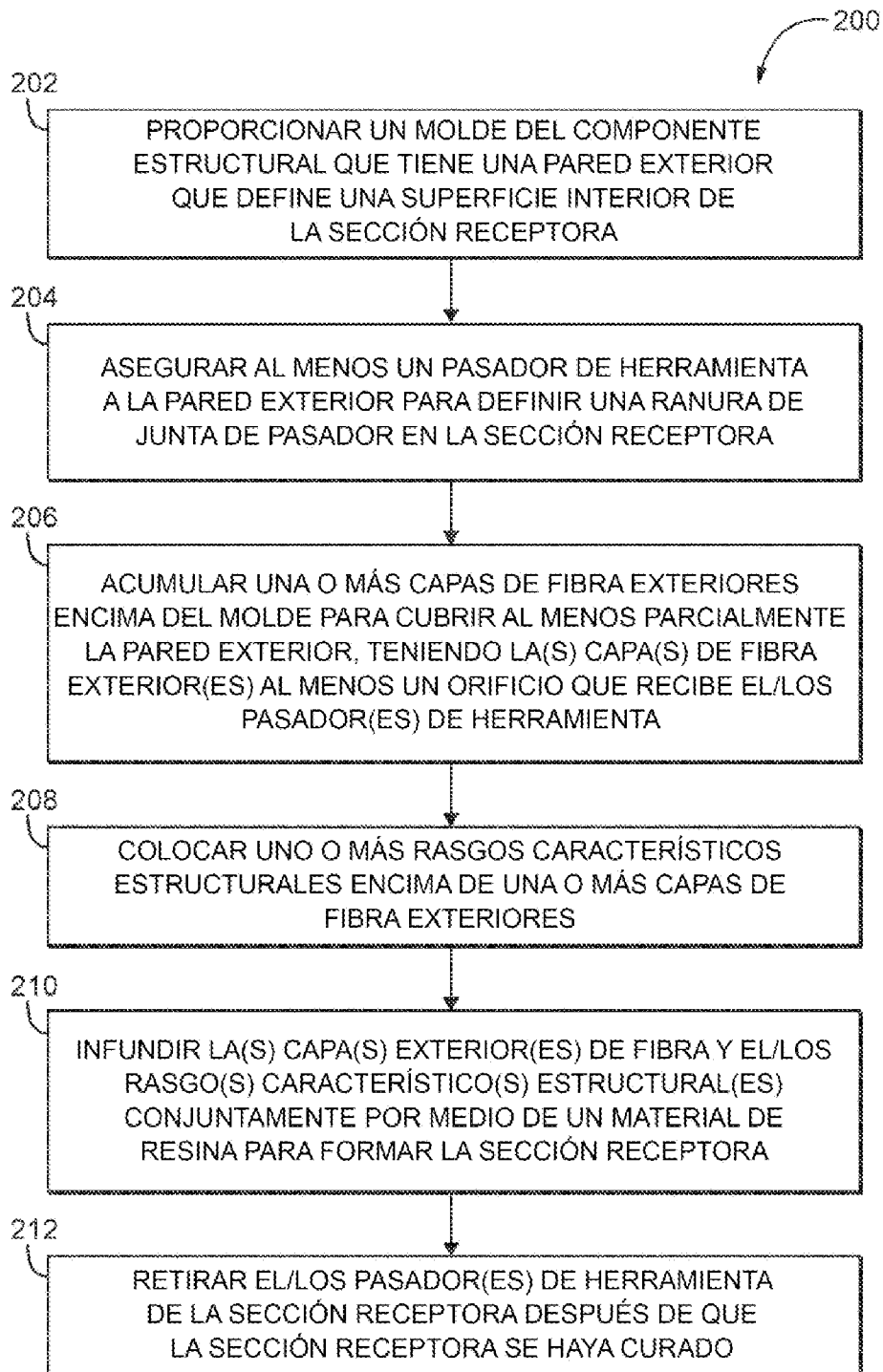


FIG. 12